

**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

**E. A. P. DE ODONTOLOGÍA**

**ESTUDIO COMPARATIVO IN VITRO DE LA  
RESISTENCIA COMPRESIVA DE RESINAS  
COMPUESTAS MICROHIBRIDAS Y  
NANOHIBRIDAS**

**TESIS**

para optar el título de Cirujano Dentista

**AUTOR:**

Edison David, Huayhua Revollo

**Lima – Perú**

**2013**

**ASESOR:**  
**DR. GERARDO RUBEN AYALA DE LA VEGA**

**Aprobación y jurados:**

Presidente: MG. CD. Martha Elena Pineda Mejía

Miembro: CD. Lita Margot Ortiz Fernández

Miembro Asesor: DR. Gerardo Rubén Ayala de la Vega

**DEDICATORIA:**

*A Dios.*

*Por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.*

*A mi padre por brindarme los recursos necesarios y estar a mi lado apoyándome y aconsejándome siempre.*

*A mi madre por hacer de mí una mejor persona a través de sus consejos, enseñanzas y amor.*

*A mi Tía y hermanos, que de una u otra manera me han llenado de sabiduría para terminar la tesis.*

*A mi novia por ser una parte muy importante en mi vida, por haberme apoyado en las buenas y en las malas, sobre todo por su paciencia y amor incondicional.*

*A mi difunto hermano, que está en espíritu siempre a mi lado.*

*A mis maestros de la Facultad de Odontología quienes me han enseñado a ser mejor en la vida y realizarme profesionalmente.*

## **AGRADECIMIENTOS**

*A mis maestros.*

*Gracias por su tiempo, por su apoyo así como por la sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional, en especial: al Dr. Gerardo Ayala de la Vega por su asesoría y contribución en esta investigación y llegar a la culminación de la misma, a la Dra. Martha Pineda Mejía por el tiempo brindado y entrega con esta investigación; a la Dra. Lita Ortiz Fernández por su tiempo compartido y por impulsar el desarrollo de este trabajo, así como a la Universidad Nacional de Ingeniería por permitirme usar los equipos para la realización de este estudio.*

## ÍNDICE

	PAG
I.- INTRODUCCIÓN .....	16
II.- PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.....	17
2.1 AREA PROBLEMA.....	17
2.2 DELIMITACION DEL PROBLEMA.....	18
2.3 FORMULACION DEL PROBLEMA.....	19
2.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
2.4.1 OBJETIVO GENERAL .....	19
2.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	20
2.5 JUSTIFICACIÓN .....	20
III.- MARCO TEORICO .....	21
3.1 ANTECEDENTES .....	21
3.2 BASES TEORICAS .....	26
3.2.1 EFECTOS DE UNA FUERZA COMPRESIVA SOBRE UN CUERPO EN REPOSO .....	26
3.2.2 RESISTENCIA COMPRESIVA.....	36
3.2.3 CALCULO DE LA RESISTENCIA COMPRESIVA .....	37
3.2.4 RESINA COMPUESTA .....	39
3.2.4.1 HISTORIA .....	39
3.2.4.2 DEFINICIÓN.....	40
3.2.4.3 MATRIZ RESINOSA .....	41
3.2.4.4 PARTICULAS DE RELLENO .....	42
3.2.4.5 AGENTE DE CONEXIÓN O ACOPLAMIENTO .....	43

3.2.4.6 CLASIFICACION DE LAS RESINAS COMPUESTAS .....	44
3.2.4.6.1 CLASIFICACIÓN CRONOLÓGICA .....	44
3.2.4.6.2 CLASIFICACIÓN SEGÚN SU SISTEMA DE ACTIVACIÓN.....	46
3.2.4.6.3 CLASIFICACIÓN SEGÚN SU CONSISTENCIA .....	46
3.2.4.6.4 CLASIFICACIÓN DE LAS RESINAS COMPUESTAS SEGÚN EL TIPO DE RELLENO .....	48
3.2.4.7 PROPIEDADES FISICAS DE LAS RESINAS COMPUESTAS .....	50
3.2.4.7.1 VARIACIÓN DIMENSIONAL TERMICA.....	50
3.2.4.7.2 CONDUCTIVIDAD TERMICA .....	51
3.2.4.7.3 SORCIÓN ACUOSA .....	51
3.2.4.7.4 MODULO DE ELASTICIDAD .....	52
3.2.4.7.5 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y A LA TRACCIÓN.....	52
3.2.4.7.6 ESTABILIDAD DE COLOR .....	52
3.2.4.7.7 RADIOPACIDAD .....	52
3.2.4.7.8 CONTRACCION DE POLIMERIZACION .....	53
3.2.5 RESINAS COMPUESTAS USADAS EN EL ESTUDIO.....	53
3.2.5.1 RESINA NANOHIBRIDA FILTEK Z250 XT .....	53
3.2.5.2 RESINA NANOHIBRIDA TPH <sup>3</sup> .....	54
3.2.5.3 RESINA MICROHIBRIDA FILTEK Z250 .....	55
3.2.5.4 RESINA MICROHIBRIDA TPH SPECTRUM .....	55
3.3 DEFINICIÓN DE TERMINOS.....	56
3.3.1 RESINA COMPUESTA .....	56
3.3.2 RESINA COMPUESTA MICROHIBRIDA.....	56
3.3.3 RESINA COMPUESTA NANOHIBRIDA .....	56
3.3.4 RESISTENCIA COMPRESIVA.....	56
3.4 HIPOTESIS .....	57
3.4.1 HIPOTESIS GENERAL .....	57
3.4.2 HIPOTESIS NULA.....	57
IV.- MATERIAL Y METODOS .....	57
4.1 TIPO DE ESTUDIO .....	57
4.2 POBLACION Y MUESTRA .....	57
4.2.1 POBLACION .....	57
4.2.2 MUESTRA.....	57
4.2.2.1 TIPO DE MUESTRA .....	57

4.2.2.2 TAMAÑO DE LA MUESTRA .....	57
4.2.2.3 CRITERIOS DE INCLUSION .....	58
4.3 OPERACIONALIZACION DE VARIABLES .....	59
4.4 MATERIALES.....	60
4.4.1 RECURSOS HUMANOS.....	60
4.4.2 RECURSOS MATERIALES .....	60
4.4.5 INFRAESTRUCTURA .....	60
4.5 METODOS .....	60
4.5.1 PROCEDIMIENTOS Y TECNICAS .....	60
4.5.1.1 OBTENCION DE PERMISOS .....	60
4.5.1.2 CONFECCION DE LAS MUESTRAS DE RESINA COMPUESTA.....	61
4.5.1.3 MEDIDA DE LA RESISTENCIA COMPRESIVA .....	62
4.5.2 PROCEDIMINETO DE DATOS Y ANALISIS DE RESULTADOS .....	62
V.- RESULTADOS .....	64
VI.- DISCUSION.....	72
VII.- CONCLUSIONES .....	78
VIII.- RECOMENDACIONES.....	79
IX.- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	81
X.- ANEXOS.....	88



## INDICE DE IMAGENES

IMAGEN N° 1. CARGA COMPRESIVA ESTATICA SOBRE UN CUERPO EN REPOSO .....	27
IMAGEN N° 2. TENSION COMPRESIVA DE 50 MPA SOBRE UN CUERPO EN REPOSO .....	27
IMAGEN N° 3. CALCULO DEL MODULO DE ELASTICIDAD .....	29
IMAGEN N° 4. MODULO DE ELASTICIDAD O DE YOUNG.....	29
IMAGEN N° 5. PERDIDA DE PROPORCIONALIDAD ENTRE TENSION Y DEFORMACION .....	30
IMAGEN N° 6. LÍMITE PROPORCIONAL .....	30
IMAGEN N° 7. LIMITE ELASTICO .....	31
IMAGEN N° 8. POSICION DE ATOMOS HASTA EL LIMITE ELASTICO .....	32
IMAGEN N° 9. CÁLCULO DE LA RESILIENCIA .....	34
IMAGEN N° 10. RESISTENCIA A LA FLUENCIA.....	35
IMAGEN N° 11. LIMITE DE RUPTURA .....	36
IMAGEN N° 12. FRACTURA POR CARGA COMPRESIVA.....	37
IMAGEN N° 13. CUERPO DE PRUEBA O PROBETA DE ENSAYO.....	38
IMAGEN N° 14. CÁLCULO DE LA RESISTENCIA COMPRESIVA.....	39
IMAGEN N° 15. CRONOLOGIA DEL DESARROLLO DE LAS RESINAS .....	40

IMAGEN N <sup>o</sup> 16. PERFORACIÓN DEL CILINDRO DE BRONCE EN EL TORNO .....	89
IMAGEN N <sup>o</sup> 17 CALIBRACIÓN DEL MOLDE METÁLICO CON CALIBRADOR DIGITAL Y MICROSCOPIO .....	89
IMAGEN N <sup>o</sup> 18 MEDICIÓN FINAL EN EL MICROSCOPIO Y RESULTADO FINAL .....	89
IMAGEN N <sup>o</sup> 19 COLOCAMOS EL MOLDE SOBRE CINTA CELULOIDE E INCREMENTO DE 2MM, FOTOCURADO DE 20 SEGUNDOS .....	90
IMAGEN N <sup>o</sup> 20 SEGUNDO Y TERCER INCREMENTO DE 2MM CON SU RESPECTIVO FOTOCURADO DE 20 SEGUNDOS .....	90
IMAGEN N <sup>o</sup> 21 ÚLTIMO INCREMENTO DE 2MM, COLOCANDO PREVIAMENTE UNA CINTA CELULOIDE, Y FOTOCURADO DE 20 SEGUNDOS.....	90
IMAGEN N <sup>o</sup> 22 MUESTRA FINAL DE RESINA DE 4MM DE DIÁMETRO POR 8MM DE ALTURA .....	90
IMAGEN N <sup>o</sup> 23 SESENTA MUESTRAS DE RESINA COMPUESTA DE 4 MM DE DIÁMETRO POR 8 MM DE ALTURA (15 DE CADA TIPO) MEDIDOS CON EL CALIBRADOR.....	90
IMAGEN N <sup>o</sup> 24 MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYO, CON LA MUESTRA COLOCADA, EL RELOJ DE FUERZA SE DETIENE JUSTO EN EL MOMENTO DE LA FRACTURA.....	91
IMAGEN N <sup>o</sup> 25 LA CALIBRACIÓN ES REALIZADA POR EL TÉCNICO SUPERVISADO POR EL INGENIERO Y TOMA DE RESULTADOS POR EL TESISISTA .....	91

## INDICE DE TABLAS DE RESULTADOS Y DISCUSION

TABLA N° 1. DISTRIBUCION DE LA RESISTENCIA COMPRESIVA EN MEGAPASCALES (MPa) DE LOS 4 GRUPOS DE TRABAJO .....	64
TABLA N° 2. COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA COMPRESIVA ENTRE RESINAS MICROHÍBRIDAS TPH SPECTRUM Y FILTEK Z250 .....	66
TABLA N° 3. COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA COMPRESIVA ENTRE RESINAS NANOHÍBRIDAS TPH <sup>3</sup> Y FILTEK Z250 XT .....	67
TABLA N° 4. COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA COMPRESIVA ENTRE LA RESINA MICROHÍBRIDA TPH SPECTRUM Y LAS NANOHÍBRIDAS TPH <sup>3</sup> Y Z250 XT .....	68
TABLA N° 5. COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA COMPRESIVA ENTRE LA RESINA MICROHÍBRIDA FILTEK Z250 Y LAS NANOHÍBRIDAS TPH <sup>3</sup> Y Z250 XT.....	70
TABLA N° 6. COMPARACIÓN DE RESULTADOS CON OTROS AUTORES.....	77

## INDICE DE GRAFICOS DE RESULTADOS Y DISCUSION

GRAFICO N° 1. GRÁFICO DE CAJA CON LOS 4 GRUPOS DE RESINAS COMPUESTAS .....	65
GRAFICO N° 2. GRÁFICO DE CAJA CON EL GRUPO DE RESINAS MICROHÍBRIDAS TPH SPECTRUM Y Z250.....	66
GRAFICO N° 3. GRÁFICO DE CAJA CON EL GRUPO DE RESINAS NANOHÍBRIDAS TPH <sup>3</sup> Y Z250 XT .....	68
GRAFICO N° 4. GRÁFICO DE CAJA CON EL GRUPO DE RESINA MICROHÍBRIDA TPH SPECTRUM, CON EL GRUPO DE NANOHÍBRIDAS TPH <sup>3</sup> Y Z250 XT .....	69
GRAFICO N° 5. GRÁFICO DE CAJA CON EL GRUPO DE RESINA MICROHÍBRIDA TPH SPECTRUM, CON EL GRUPO DE NANOHÍBRIDAS TPH3 Y Z250 XT.....	71

## INDICE DE ANEXOS

ANEXO N° 1. MATERIALES UTILIZADOS EN LA ELABORACIÓN DE LAS MUESTRAS DE RESINAS.....	88
ANEXO N° 2. ELABORACIÓN DE LA MATRIZ METÁLICA.....	89
ANEXO N° 3. ELABORACION DE LAS MUESTRAS DE LOS CUATRO TIPOS DE RESINA COMPUESTA.....	90
ANEXO N° 4. ENSAYO DE COMPRESIÓN .....	92
ANEXO N° 5. FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE RESINAS MICROHÍBRIDAS .....	93
ANEXO N° 6. FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE RESINAS NANOHÍBRIDAS.....	94
ANEXO N° 7. FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS RECOLECTADA POR EL TESISISTA DE RESINAS MICROHÍBRIDAS.....	95
ANEXO N° 8. FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS RECOLECTADA POR EL TESISISTA DE RESINAS NANOHÍBRIDAS .....	96

## RESUMEN

El propósito de este estudio fue comparar la resistencia compresiva de resinas compuestas microhíbridas y nanohíbridas. La resistencia compresiva es una propiedad mecánica importante de las resinas debido a la gran carga masticatoria que deben soportar durante la masticación, es decir que tanto puede resistir la compresión hasta su punto de fractura, por lo que lo ideal sería encontrar valores altos de compresión conforme avance la tecnología de relleno de las resinas, en la actualidad no se ha aclarado totalmente el tema debido a que si bien es cierto la mayoría de investigaciones afirma que existe relación entre el tipo de relleno de las resinas compuestas y las propiedades mecánicas no hay una clara explicación de cómo podrían estar relacionadas. El estudio es comparativo analítico y transversal. La muestra estuvo constituida por 15 cilindros de resina de cada tipo (1 de microhíbrida TPH SPECTRUM, 1 de resina microhíbrida Z250, 1 de resina nanohíbrida TPH<sup>3</sup> y 1 de resina nanohíbrida Z250 XT) de 4 mm de diámetro por 8 mm de altura, siendo un total de 60 muestras, que luego fueron llevados a la maquina universal de ensayos marca AMSLER donde se les midió la resistencia compresiva.

Los resultados se organizaron en tablas usando estadística descriptiva, hallando promedios, medianas, máximos y mínimos, además de las pruebas estadísticas T de Student y U de Mann-Whitney para comparar la resistencia compresiva entre los grupos de resina microhíbrida y entre los de resina nanohíbrida, todos con un nivel de confianza del 95%.

Se concluyó que si existe diferencia significativa en la resistencia compresiva de la resina microhíbrida TPH SPECTRUM con la resina microhíbrida Z250 y con las nanohíbridas TPH<sup>3</sup> y Z250 XT. Obteniéndose como resultado que la resistencia compresiva de la resina microhíbrida TPH SPECTRUM fue mayor que la microhíbrida Z250 y las nanohíbridas TPH<sup>3</sup> y Z250 XT, mientras que los 3 últimos grupos antes mencionados presentaron resistencia compresiva similar.

**Palabras claves:** resistencia compresiva; resina compuesta microhíbrida; resina compuesta nanohíbrida.

## **ABSTRACT**

The purpose of this study is to compare compressive strength and nanohíbridas microhybrid composite resins. The compressive strength is an important mechanical property of the resin due to the large load to be borne chewing during mastication, ie can withstand both compression to the point of fracture, so ideally find high compression values under technology advances filling resins, currently not fully clarified the issue because although most research states that there is a relationship between the type of filler composite resins and mechanical properties there is no clear explanation of how they might be related. The comparative analytical study is cross. The sample consisted of 15 cylinders each type resin (TPH Spectrum micro-hybrid 1, 1 Z250 microhybrid resin, resin 1 and 1 TPH3 nanohíbrida nanohíbrida resin Z250 XT) of 4 mm in diameter and 8 mm in height, being A total of 60 samples, before being taken to the universal testing machine AMSLER where they measured the compressive strength.

The results are organized in tables using descriptive statistics, finding averages, medians, maximum and minimum, plus the Student t test statistics and Mann-Whitney test to compare the compressive strength between groups microhybrid resin and resin between nanohíbrida , all with a confidence level of 95%.

Concluded that if there are significant differences in compressive strength resin TPH microhybrid microhybrid SPECTRUM with resin and with Z250 and Z250 TPH3 nanohíbridas XT. Obtaining as a result that the compressive strength of the TPH microhybrid resin was higher than SPECTRUM microhybrid TPH3 nanohíbridas Z250 and Z250 and XT, whereas the last 3 groups mentioned above showed compressive strength like.

**Keywords: compressive strength, micro-hybrid composite, composite nanohíbrida.**

## **I.- INTRODUCCIÓN**

Las resinas compuestas, introducidas como resultado del trabajo realizado por el Dr. Rafael Bowen, son biomateriales de amplio uso en odontología que aparecieron debido al requerimiento estético por parte del paciente, con la finalidad de reemplazar a la amalgama y eliminar por sobre todo el desgaste excesivo de tejido dentario que exigía Black para la retención de esta.

La formación de la resina compuesta se basa en su contenido orgánico (BIS-GMA) e inorgánico (Cuarzo, vidrio entre otros), y además de los muchos componentes que brindan las características esenciales para conseguir la resina con propiedades ideales. Estas son usadas en odontología hace más de 40 años y han sufrido constantes modificaciones por parte de los fabricantes, por ejemplo, disminuyendo el tamaño de sus partículas de relleno, proporcionando en la actualidad mejores propiedades mecánicas y resultados estéticos más satisfactorios a los pacientes. La morfología y el tamaño de las partículas tienen gran influencia en las propiedades de la resina, como superficie lisa, viscosidad, resistencia compresiva, desgaste, dureza, contracción y profundidad de polimerización.

Una propiedad mecánica importante a ser considerada es la resistencia compresiva, que se definió ingenieralmente como la tensión compresiva máxima que un cuerpo puede soportar antes de fracturarse, esta propiedad tiene gran relevancia durante la masticación sobre todo en el sector posterior, ya que aquí, durante la trituración, es donde se dan las grandes cargas compresivas.

El trabajo realizó una comparación in vitro de la resistencia compresiva de 2 tipos de resinas compuestas, evaluando 2 microhíbridas y 2 nanohíbridas, teniendo 15 muestras cilíndricas de resina en cada grupo, dando un total de 60 muestras, por lo que la presente investigación tiene como objetivo determinar la resistencia compresiva de cada grupo y compararlas entre sí, buscando sus respectivas diferencias.

Fundamentándose, en lo expuesto, el presente trabajo de investigación representa una parte de lo mucho que hay que investigar respecto a las diversas propiedades mecánicas de las resinas compuestas.



## **II.- PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **2.1 AREA PROBLEMA**

Existen diferentes razones de pérdida del tejido dentario que el odontólogo soluciona con la operatoria, esta se encarga de: el tratamiento y pronóstico de los dientes que no requieren recubrimiento total para su corrección; de la restauración de la forma, la función y la estética dentaria correcta; del mantenimiento de la integridad fisiológica de los dientes en relación armoniosa con los tejidos duros y blandos adyacentes para mejorar la salud general y bienestar del paciente. (1)

Hasta hace poco tiempo el material más confiable para esta tarea era la amalgama de plata, que con una buena técnica, es de gran durabilidad y su comportamiento a largo plazo es exitoso con alta resistencia mecánica y su costo reducido. (2) Pero en la sociedad actual la estética se ha vuelto una meta y a veces una obsesión, y para lograrla la odontología juega un papel importante; es por eso que existe un gran avance en el campo de la estética, la estética impera a todos los niveles en la sociedad moderna, hasta tal punto que es no solo una petición por parte de los pacientes, sino una exigencia ante el odontólogo. (3)

Entonces se buscaron alternativas estéticas a la amalgama de plata buscando su eliminación, debido a las supuestas desventajas y a las estrictas normas internacionales, la falta de estética, a la necesidad de evitar un diseño cavitario tan agresivo y mutilante. (4) Es por eso que ahora se cuenta con un material restaurador presente desde la década del 40 que es la resina, que a pesar de sus muchos problemas iniciales frente a la amalgama, fue ganando preferencia tanto por el odontólogo como por los pacientes. En un inicio se le pensó solo como material restaurador de piezas anteriores pero se han mejorado sus propiedades para utilizarlo como un material restaurador universal (sector anterior y posterior), e inclusive carillas, restauraciones indirectas tipo onlay e inlay entre otras.

Sabemos que la resina compuesta está formada por una matriz orgánica y un relleno inorgánico, encontrando esta su debilidad en su parte orgánica, por lo cual para resolver estos problemas se ha intentado disminuir la cantidad de matriz orgánica y mejorando el relleno inorgánico es por eso que en sus inicios el relleno estaba compuesta de macropartículas (1962), micropartículas (1975), híbridas (1987), microhíbridas (1998), por último nanohíbridas y de nanorrelleno (2002). (28) Pero a pesar de los excelentes resultados estéticos de las resinas compuestas y su gran avance tecnológico lo que preocupa a los clínicos e investigadores son sus propiedades físico- mecánicas como son resistencia compresiva, resistencia a la flexión, módulo de flexión, resistencia a la flexión, desgaste, entre otras.

Este trabajo de investigación solo trata la propiedad denominada resistencia compresiva de 2 resinas microhíbridas y 2 nanohíbridas, explicando a grandes rasgos como se da este proceso y comparando los resultados entre microhíbridas y nanohíbridas con la finalidad de encontrar diferencias que permita al odontólogo usar uno u otro material, en el caso que se requiera.

## **2.2 DELIMITACION DEL PROBLEMA**

Las resinas son biomateriales de amplio uso en odontología, su formación se basa en su contenido orgánico (BIS- GMA) e inorgánico (Cuarzo, vidrio entre otros), y además de los muchos componentes que brindan las características esenciales para conseguir la resina con propiedades ideales. Todas las investigaciones pasadas tienen el propósito investigativo de encontrar el mejor material en estabilidad, resistencia compresiva y estética, para así encontrar la resina ideal. En 1995 Gómez evaluó la resistencia a la fractura de muñones en dientes tratados endodónticamente reconstruidos con 4 tipos e materiales diferentes, entre ellos una resina compuesta de nanorrelleno, concluyendo que los grupos de dientes reconstruidos con núcleos colados y resinas compuestas presentaron el mejor comportamiento, siendo a su vez las resinas significativamente más resistentes los reconstruidos con núcleos colados. (18) Más tarde Ruiz y colaboradores el 2003 estudiaron la resistencia a la flexión y el módulo de elasticidad de cinco resinas compuestas microhíbridas: Tetric Ceram, Ecusit, Spectrum TPH, Filtek Z250, Degufill mineral; y dos resinas modificadas

con poliácidos (compomeros): Luxat e Ionosit concluyendo que Los dos materiales clasificados como resinas compuestas modificadas con poliácidos presentaron un comportamiento mecánico completamente diferente entre sí, siendo el del Luxat comparable al de las resinas compuestas evaluadas. (9) Mientras que Nicoluzzi el año 2008, evaluó la influencia del envejecimiento artificial acelerado sobre la resistencia a compresión de 3 resinas compuestas microhíbridas y 2 de nanorrelleno y concluyo que los valores medios de resistencia a la compresión de las resinas compuestas sometidas al envejecimiento artificial acelerado fueron menores en relación a las no envejecidas independiente del tipo de resina. (11) En 2003 Veranes experimento con un nuevo material de relleno denominado sipernat D10 afirmando que la resistencia compresiva está en relación directa, con la distribución del tamaño de las partículas, los rellenos de partículas pequeñas tienen una mayor área superficial que permiten una mayor distribución de esfuerzos, por ello mayor resistencia a la compresión, las partículas de relleno grandes, aumentan la concentración de esfuerzos, por lo que tienen una resistencia baja a la compresión. (22)

Con todo esto se puede deducir que actualmente la resistencia compresiva sigue siendo material de investigación frecuente, el presente trabajo de investigación estuvo orientado a comparar la resistencia compresiva de 2 resinas compuestas microhíbridas y 2 nanohíbridas con la finalidad de encontrar diferencias lo que nos permitirá describir los resultados y relacionarlos con la hipótesis actual sobre el tema.

## **2.3 FORMULACION DEL PROBLEMA**

¿Existe diferencias en la resistencia compresiva, entre resinas compuestas microhíbridas y nanohíbridas?

## **2.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **2.4.1 OBJETIVO GENERAL**

Comparar la resistencia compresiva de dos resinas compuestas microhíbridas y nanohíbridas.

## **2.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Determinar la resistencia compresiva de las resinas microhíbridas, TPH SPECTRUM y Z250.
2. Determinar la resistencia compresiva de las resinas compuestas nanohíbridas TPH<sup>3</sup> y Z250 XT.
3. Hacer comparaciones múltiples de la resistencia compresiva de las resinas compuestas microhíbridas y nanohíbridas.

## **2.5 JUSTIFICACIÓN**

Hoy en día es indispensable que los profesionales de la odontología estén a la vanguardia en cuanto al conocimiento de los materiales que se utilizan en el quehacer cotidiano de esta profesión, pero aún más importante es identificar las propiedades, entender su manipulación y sobre todo, aplicar estos conocimientos al momento de utilizarlos en un paciente.

En el caso de las resinas compuestas, su uso se ha vuelto muy popular debido a los grandes resultados estéticos que se logran con ellas, desde la aparición del primer material de este tipo, por allá del año 1960, las características físicas, mecánicas y de biocompatibilidad se han mejorado enormemente, sin embargo aún persiste una característica no tan favorable de este material, que es motivo de investigación, la resistencia compresiva.

La elaboración de éste trabajo se justificó en la necesidad de conocer más a fondo esta propiedad de la resina compuesta de uso odontológico.

Es también importante, conocer las vías de investigación que se desarrollan actualmente, con la finalidad de encontrar resinas compuestas de mejores propiedades y con esto, dar paso a nuevas propuestas para seguir innovando en éste campo. Además el presente estudio servirá como referencia para futuras investigaciones sobre el tema.

### III.- MARCO TEORICO

#### 3.1 ANTECEDENTES

**Resistencia a la fractura de muñones en dientes tratados endodónticamente reconstruidos con 4 tipos e materiales diferentes** **Gómez et al. Chile (1995)**, evaluó la resistencia a la fractura de muñones en dientes tratados endodónticamente reconstruidos con 4 tipos e materiales diferentes, entre ellos la resina compuesta de nanorrelleno, concluyen que los grupos de dientes reconstruidos con núcleos colados y resinas compuestas presentaron el mejor comportamiento, siendo significativamente más resistentes los reconstruidos con núcleos colados cuando se toma el límite proporcional, pero al comparar los datos de fracturas dentales y elasticidad no se encuentran diferencias significativas. El grupo de dientes reconstruidos con ionosites presentaron el más bajo comportamiento. (18)

**Análisis comparativo in vitro de dos cerómeros y una resina compuesta de procesados indirecto.** **Pérez et al. Chile (1999)**, hicieron un análisis comparativo in vitro de dos cerómeros y una resina compuesta de microrelleno (SR Isosit) de procesados indirecto. Los resultados obtenidos mostraron que en las tres pruebas realizadas, SR Isosit fue superior a Targis y Artglass, mostrando diferencias significativas respecto a los otros materiales. Por otro lado, Artglass obtuvo mejores resultados que Targis en las tres pruebas analizadas, pero con diferencias significativas solo en el test de tensión diametral y en la prueba de resistencia al desgaste. targis obtuvo los valores más bajo en las tres pruebas mecánicas realizadas. (12)

**Resistencia a la flexión y el módulo de elasticidad de cinco resinas compuestas: Tetric Ceram, Ecusit, Spectrum TPH, Filtek Z-250, Degufill mineral y dos resinas modificadas con poliácidos: Luxat e Ionosit.** **Ruiz et al. España (2003)**, estudiaron la resistencia a la flexión y el módulo de elasticidad de cinco resinas compuestas microhíbridas: Tetric Ceram, Ecusit, Spectrum TPH, Filtek Z250, Degufill mineral; y dos resinas modificadas con poliácidos (compomeros): Luxat e Ionosit concluyendo que Los dos materiales

clasificados como resinas compuestas modificadas con poliácidos presentaron un comportamiento mecánico completamente diferente entre sí, siendo el del Luxat comparable al de las resinas compuestas evaluadas. (9)

**Estudio comparativo de la resistencia compresiva materiales cerómeros versus otros materiales. Zaitum. España (2003)**, realizó un estudio comparativo de la resistencia compresiva de materiales cerómeros versus amalgama adherida, cerámica inyectada, resina compuesta microhíbrida, amalgama sola concluyendo que el material que mejor se comportó en cuanto a la resistencia compresiva fue la resina, seguido de la cerámica inyectada, el cerómero, la amalgama adhesiva y la amalgama sola concluyendo que los materiales cerómeros presentaron una resistencia compresiva menor que los materiales como la resina o la cerámica inyectada y los materiales cerómeros presentaron una resistencia compresiva similar a la amalgama adherida y a la amalgama sola. (5)

**Resistencia compresiva de premolares obturados. Figueroa et al. Brasil (2003)**, evaluaron la resistencia compresiva de premolares obturados concluyendo que los premolares superiores e inferiores con onlay metálica presentaron mayor resistencia compresiva, seguidos en orden descendente de los premolares inferiores con inlay, superiores con resina microhíbrida, inferiores con resina microhíbrida, inferiores con amalgama, superiores con inlay y, por último, superiores con amalgama. (16)

**Estudio comparativo in vitro de la tracción diametral y dureza superficial, entre una resina compuesta fluida y dos cementos de resina de curado dual, Beros, Chile (2003)**, realizó un estudio comparativo in vitro de la tracción diametral y dureza superficial, entre una resina compuesta microhíbrida (Relyx) fluida y dos cementos de resina de curado dual (Wave y Variolink) concluyendo que al analizar los resultados, en un primer lugar se pudo determinar que entre los tres materiales estudiados, el orden creciente de dureza superficial Vickers fue Wave, Variolink y Relyx. Estas diferencias fueron estadísticamente significativas. (13)

**Estudio del aerosil Sipernat D10 como relleno para la preparación de resinas compuestas. Veranes et al. España. (2003)** evaluaron resinas experimentales con sipernat D10 como relleno al 27, 24 y 18%, sometiéndola a 3 pruebas (resistencia a la compresión, compresión diametral, módulo de elasticidad y resistencia al desgaste) concluyendo que las que tienen menos relleno presento mejores resultados (22)

**Evaluacion de la microdureza de la resina P60 de la casa comercial 3M al ser fotopolimerizada con luz led en diferentes distancias. Gomez et al. España (2010)** evaluó la microdureza de la resina compuesta microhíbrida P60 siendo fotocurada a diferentes distancias concluyendo que no presenta diferencias en la microdureza al ser fotocurada a 0 mm y 10 mm (14)

**Estudio de la resistencia a la fractura por compresión de un compómero, un cemento de ionómero de vidrio convencional y una resina compuesta sometidos a un proceso de "envejecimiento artificial". Hidalgo JJ et al. España (2000)** estudio los efectos que producen el envejecimiento artificial en un cemento de ionomero de vidrio, un compomero y una resina compuesta microhíbrida concluyendo que la exposición continuada a la luz ultravioleta y calor de los materiales resinosos, mejora algunas de sus propiedades físico-mecánicas. Por este motivo, la fotopolimerización periódica de estos materiales en clínica, puede ser interesante bajo condiciones especiales de “estrés”. (21)

**Determinación de la profundidad de curado y propiedades mecánicas de composites dentales fotopolimerizables experimentales. Veranes et al. España (2005),** realizo un estudio sobre determinación de la profundidad de curado y propiedades mecánicas de composites microhibridos dentales fotopolimerizables experimentales concluyendo que las formulaciones cuya matriz es Bis-GMA/ TEEDGMA/ MPS presentan los mayores valores de profundidad de curado, dureza, resistencias a la compresión y a la compresión diametral y menor desgaste de entre los materiales fotopolimerizables experimentales utilizados. El composite comercial fue el que mejores propiedades mecánicas presentó por encima de las resinas experimentales. (17)

**Comparación de resistencia de dos resinas microhíbridas. Arce et al. Colombia (2005)**, comparo la resistencia de dos resinas microhíbridas, concluyo que el módulo de Flexión más alto se relacionó con el menor porcentaje de deformación, obtenido para la resina Miris. En contraste sus valores de resistencia a la compresión fueron menores a Esthet-X. Miris fue más rígida que Esthet-X, pero este resistió mejor cargas compresivas. Ambas resinas mostraron resultados aceptables para ser usadas en el sector posterior, pero se recomienda limitar su uso en restauraciones conservadoras en premolares y molares. (10)

**Análisis comparativo in vitro de la tensión diametral en restauraciones realizadas con resinas compuestas fotopolimerizadas con lámparas halógenas y lámparas LED, Villegas. Chile (2005)**, realizo análisis comparativo in vitro de la tensión diametral en restauraciones realizadas con resinas compuestas fotopolimerizadas con lámparas halógenas y lámparas LED concluyendo que no existe diferencias estadísticamente significativas respecto a usar uno u otro sistema de polimerización. (24)

**Influencia de la polimerización adicional en las propiedades de una resina Ormocer a través de sus propiedades mecánicas. Goncalves et al. Brasil (2006)**, estudio la influencia de la polimerización adicional en las propiedades de una resina de nanorrelleno Ormocer a través de sus propiedades mecánicas concluyendo que el método de aplicación de calor y presión de vapor aumentó las propiedades mecánicas, pero, no estadísticamente el control en cuanto a la resistencia a la compresión y al módulo de elasticidad. (23)

**Influencia de las unidades de curado LED y LUZ halógena sobre la resistencia compresiva de las resinas compuestas. Ribeiro et al. Venezuela (2006)**, estudio la influencia de las unidades de curado LED y LUZ halógena sobre la resistencia compresiva de 1 resina compuesta microhíbrida, 1 nanohíbrida y 1 de nanorrelleno (filtek supreme XT) concluyendo que las fotopolimerizadas por luz halógena mostraron mejores resultados en el ensayo mecánico de resistencia a la compresión, cuando comparados con la luz emitida por diodos (LEDs). (8)



**Resistencia a la fractura de dientes intactos y restaurados con resina sometidos a carga constante. Naranjo et al. México (2007),** evaluó la resistencia a la fractura de dientes intactos y restaurados con resina sometidos a carga constante concluyendo que el análisis cuantitativo no mostró diferencias estadísticamente significativas respecto al tiempo de falla, carga y esfuerzo entre ambos grupos de dientes restaurados y no restaurados. Para el análisis cualitativo se encontró una asociación estadísticamente significativa en el tipo de falla entre los dientes restaurados y no restaurados concluyendo que la resina microhíbrida P60 es un material adecuado para sustituir el tejido dentario perdido en las condiciones simuladas, ya que la resistencia a la fractura entre los dientes restaurados y dientes intactos no mostró diferencias significativa. (15)

**Influencia del envejecimiento artificial acelerado sobre la resistencia a compresión de resinas compuestas. Nicoluzzi et al. Venezuela (2008),** evaluó la influencia del envejecimiento artificial acelerado sobre la resistencia a compresión de 1 resina compuesta de nanorrelleno (filtek supreme xt) y 2 microhíbridas (Z250 y Charisma) y concluyo que los valores medios de resistencia a compresión de las resinas compuestas sometidas al Envejecimiento Artificial Acelerado fueron menores en relación a las no envejecidas entre tanto, solamente la resina microhíbrida Charisma presento diferencias estadísticamente significantes. (11)

**Estudio comparativo de las propiedades mecánicas de diversas resinas compuestas Baldión et al. Colombia (2010),** realizo otro estudio donde determino, analizo y comparo la dureza, módulo elástico y resistencia compresiva de tres resinas compuestas (microhíbrida: Z-250, P-60 y nanohíbrida P-90, 3M). Concluyendo entre otros que La resina compuesta FILTEK P90 tuvo una resistencia compresiva estadísticamente mayor que la resina FILTEK P60 y FILTEK Z250 (6)

**Resistencia a la compresión de espigo muñones elaborados con dos tipos de materiales plásticos. Molero et al. Perú (2010),** compararon la resistencia a la compresión de espigo muñones elaborados con dos tipos de materiales plásticos concluyendo que los espigos muñones de resina compuesta de

nanorrelleno presentaron una mayor resistencia a la compresión que los espigos muñones de cerómero. (7)

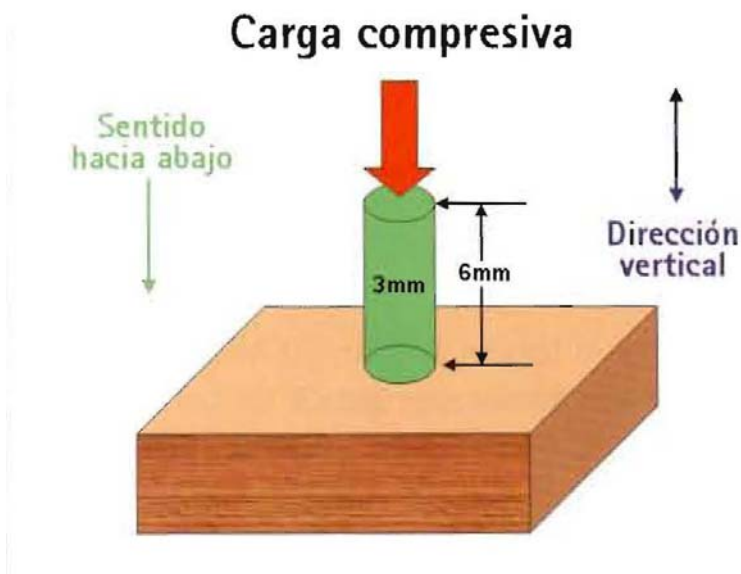
**Evaluación de la microdureza de la resina Filtek™ Silorane para restauración de dientes posteriores. Sierra et al. Colombia (2010)**, evaluó la microdureza de la resina Filtek Silorane para restauración de dientes posteriores concluyendo que el valor promedio de microdureza de la resina microhíbrida Filtek TM Silorane, evaluado en las 10 indentaciones realizadas en los cinco discos de resina, fue 53,02 hkn (Knoop Hardness Number), el valor de microdureza de la resina evaluada, luego de analizar los valores obtenidos de las 50 indentaciones, es muy homogéneo y similar a los valores reportados en la literatura. (19)

**Evaluación de las propiedades flexurales y reológicas de cinco resinas compuestas formuladas para restauraciones anteriores. Ramírez et al. Venezuela (2010)**, realizó una evaluación de las propiedades flexurales y reológicas de seis resinas compuestas (2 híbridas, 2 microhíbridas y 2 de nanorrelleno) concluyendo que en las condiciones en que se realizó esta investigación las propiedades flexurales de la resina compuesta de nanorrelleno (Filtek Z350®) fue superior a las microhíbridas (Tetric-Ceram®, InTen-S®), microhíbridas (Ice® dentina), (Ice® esmalte) y las nanohíbridas (Tetric N-Ceram®) diferentes y que las propiedades flexurales no están completamente relacionadas con el porcentaje de relleno. (20)

## **3.2 BASES TEORICAS**

### **3.2.1 EFECTOS DE UNA FUERZA COMPRESIVA SOBRE UN CUERPO EN REPOSO**

Una carga compresiva aplicada a un cuerpo le provocara tensiones de reacción que, cuando son superadas, harán que este comience primero a deformarse elásticamente, para luego y aumentada la carga a hacerlo permanentemente, hasta que finalmente si la carga es de tal magnitud que vence a la resistencia que el cuerpo le opone como reacción, se fracturara o romperá, dado que la tensión que el cuerpo le opuso ha sido superada.

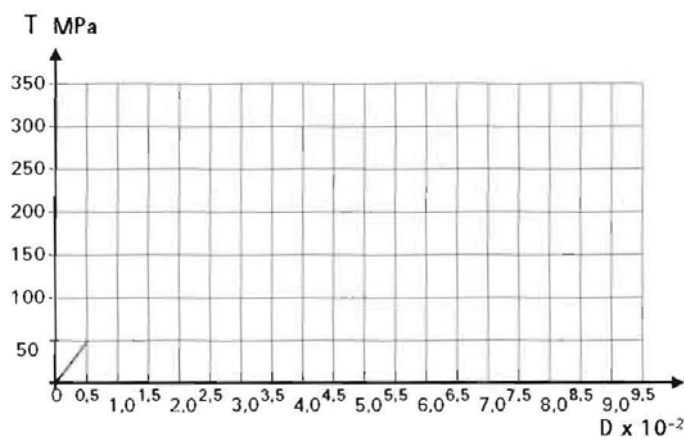


**Imagen N° 1.** Carga compresiva estática sobre un cuerpo en reposo (44)

Los efectos de una carga estática compresiva lo podemos estudiar y graficar, haciendo que ella actúe sobre la superficie superior de un cuerpo de prueba estandarizado, encontrándose el cuerpo apoyado sobre una superficie lisa y rígida.

En términos experimentales y didácticos, a esta probeta o cuerpo de ensayo le aplicaremos tensiones compresivas progresivas y proporcionales, medidas en MPa (50, 100, 150, 200, etc.), suponiendo que ellas tenderán a deformarlo compresiva y proporcionalmente en:  $-0,5 \times 10^{-2}$ ,  $-0,1 \times 10^{-2}$ ,  $-0,2 \times 10^{-2}$ , etc., de su longitud inicial. (44)

### Curva tensión/deformación



**Imagen N° 2.** Tensión compresiva de 50 MPa sobre un cuerpo en reposo (44)

Ahora en un gráfico de coordenadas cartesianas inscribiremos el efecto de una tensión compresiva medida en MPa que colocaremos en la ordenada y, en la abscisa, colocaremos los valores de la deformación que se produce en un cuerpo de prueba como la muestra la figura 2.

Como vemos en el grafico que a continuación se muestra, ante una tensión de 50 MPa en el cuerpo se producirá una tensión de reacción también de 50 MPa, deformándose el cuerpo de  $0,5 \times 10^{-2}$  de su longitud inicial.

Si luego de producida la deformación retiramos la tensión que la produjo, veremos que la deformación se recupera en un 100%, volviendo el cuerpo a sus dimensiones originales. Diremos entonces, que el cuerpo se sigue deformando elásticamente.

Si aumentamos la tensión al triple, 150 MPa, en el cuerpo se producirá una tensión de reacción también de 150 MPa, deformándose el cuerpo en  $1,5 \times 10^{-2}$  de su longitud inicial, vale decir el triple de lo que le produjo la tensión original. Si luego de producida la deformación retiramos la tensión, veremos que la deformación se recupera también en un 100%, volviendo el cuerpo a sus dimensiones originales. Veremos entonces, que el cuerpo ha continuado deformándose elásticamente.

Ahora, saquemos algunas conclusiones, como por ejemplo decir que el cociente entre la tensión producida en el cuerpo y la deformación que le produjo es constante hasta los 150 Mpa. A esta constante dentro del límite proporcional la llamaremos **módulo de elasticidad o módulo de young** (Fig. 4). Al punto en donde se produce el quiebre de la pendiente recta y comienza a ser curva, se le denomina **limite proporcional**. (44)

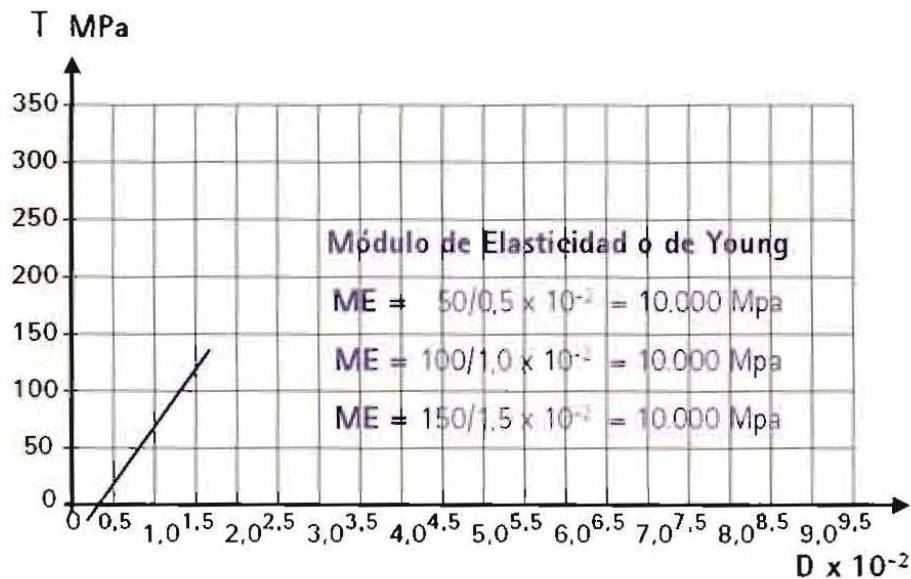
El módulo de elasticidad se mide en unidades de presión, dado que la deformación no tiene unidad. La unidad de medición más utilizada es el Mega Pascal.

El módulo de Young representa el grado de rigidez o elasticidad de un cuerpo. Mientras más alto sea, más rígido será el cuerpo o, a la inversa, menos elástico. Calculemos el Modulo de Elasticidad del gráfico:

$$ME = \frac{50}{0,5 \times 10^{-2}} = \frac{100}{1,0 \times 10^{-2}} = \frac{150}{1,5 \times 10^{-2}} = 10.000 MPa$$

**Imagen N° 3.** Calculo del Módulo de Elasticidad (44)

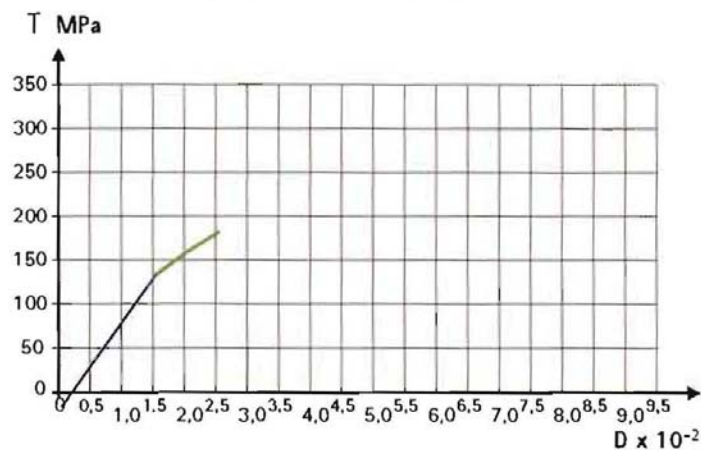
## Módulo de elasticidad



**Imagen N° 4.** Módulo de Elasticidad o de Young (44)

Si aumentamos la tensión al cuádruple, 200 MPa, en el cuerpo se producirá una tensión de reacción también de 200 MPa, pero ahora el cuerpo no se deformara proporcionalmente, haciéndolo en  $2,5 \times 10^{-2}$  de su longitud inicial y no en  $2,0 \times 10^{-2}$  que era lo esperado. El cociente entre la tensión ahora pierde la constante anterior, puesto que ahora su pendiente no es recta, es curva.

Curva tensión/deformación

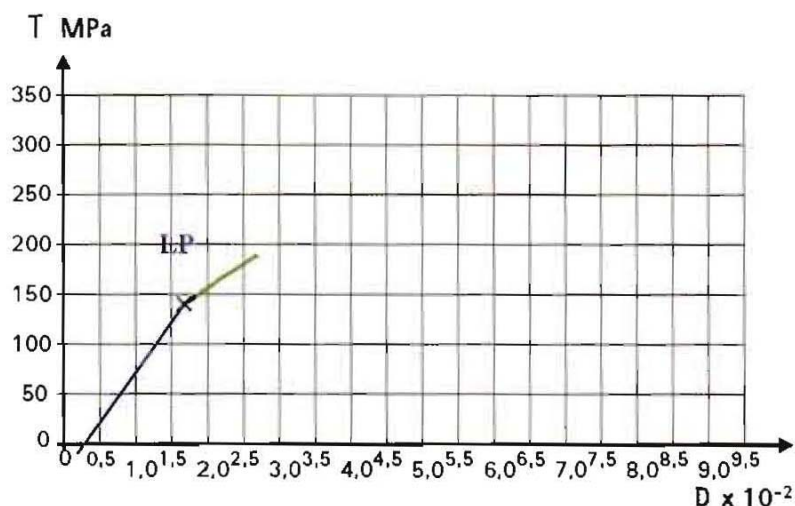


**Imagen N° 5.** Perdida de proporcionalidad entre Tensión y Deformación (44)

Pero, si bien es cierto que al aumentar la tensión al cuádruple (200 Mpa), se pierde la proporcionalidad, no se da la Ley de Hooke y el cociente entre presión y deformación deja de ser constante (por lo que ya no se puede calcular el Modulo de Elasticidad), si retiramos la tensión veremos que de todas maneras el cuerpo recupera sus dimensiones originales. Entonces estamos frente a una deformación elástica no proporcional. (44)

Ello significa que las deformaciones son proporcionales a las tensiones que las produjeron hasta los 150 MPa, vale decir, hasta que la pendiente de la curva

Curva tensión/deformación



**Imagen N° 6.** Limite Proporcional (44)

Carga/ deformación fue recta. A este punto, como dije, se le denomina **Limite Proporcional (LP)**. Se corresponde con una deformación de  $1,5 \times 10^{-2}$  producida por una tensión de 150 MPa. Su magnitud se mide en unidades de presión y en este caso se corresponde con los 150 MPa.

Como una nueva conclusión podremos decir que las deformaciones son proporcionales a las tensiones que la produjeron hasta los 150 MPa. Es por ello que hasta este punto se puede calcular el Modulo Elástico. Bajo este se da la Ley de Hooke: las deformaciones producidas en un cuerpo son proporcionales a las cargas que las produjeron hasta su Limite Proporcional.

Por sobre este límite, el cuerpo ya deja de deformarse proporcionalmente y no se puede calcular el Modulo Elástico.

Si aumentamos la tensión al quíntuple, 250 MPa, en el cuerpo se producirá una tensión de reacción también de 250 MPa, y el cuerpo seguirá deformándose sin proporcionalidad llegando a deformarse en  $4,0 \times 10^{-2}$  de su longitud inicial. Pero si liberamos al cuerpo de esta carga, no recuperara sus dimensiones originales, vale decir, el cuerpo ahora tiene una deformación permanente.

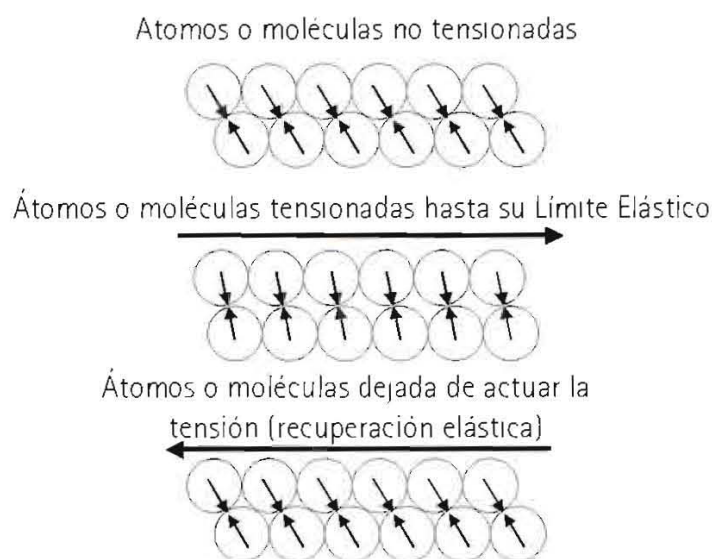
A esta carga que provoca una tensión de reacción que permite al cuerpo recuperarse, se le llama **Limite Elástico (LE)**, que definiremos como la tensión máxima que puede soportar un cuerpo sin perder sus propiedades elásticas, aun cuando se haya perdido la proporcionalidad entre la deformación y la tensión que la produjo. Su magnitud se mide en unidades de presión y, en este caso, se corresponde con los 200 MPa. (44)



**Imagen N° 7. Limite Elástico (44)**

Entre Limite Proporcional y el Limite Elástico, si bien no se puede calcular el Modulo de Young, ni se da la Ley de Hooke, el cuerpo sigue comportándose elásticamente, vale decir sus deformaciones son recuperadas en un 100%.

Al aplicar una carga que no supere la tensión interna que puede recuperar las dimensiones originales del cuerpo, vale decir hasta su Limite Elástico, los átomos se moverán a una posición transitoria, oponiendo a ello sus fuerzas repulsivas, las cuales lograran que sus átomos tensionados vuelvan a ocupar sus posiciones originales, al dejar de actuar esta.



**Imagen N° 8.** Posición de átomos hasta el Límite Elástico (44)

Si por debajo del Límite Elástico el cuerpo mantiene la potencialidad de recuperar sus dimensiones originales al dejar de actuar la carga que lo provocó, llamaremos a esta capacidad de recuperación **Resiliencia**.

Entonces, podemos definir la **Resiliencia** de dos formas: la primera, como la resistencia de un cuerpo a la deformación permanente y, la segunda, como la cantidad de energía absorbida por este cuerpo dentro de su Limite Elástico que le permite recuperarse de la carga tensional que le provocó una deformación elástica.

La resiliencia de un material se mide en términos de su **Módulo de Resiliencia**, que es la cantidad de energía acumulada en un cuerpo, cuando una unidad de volumen de material es tensionada hasta su Limite Proporcional.



El módulo de resiliencia (MR) se determina matemáticamente dividiendo el cuadrado del límite Proporcional (ME) por el doble del Módulo de Elasticidad (ME)

$$\mathbf{MR = (LP)^2 / 2 ME}$$

El límite proporcional y el límite elástico se encuentran tan cercanos (no así en los gráficos mostrados, por razones puramente didácticas), que muchos autores los consideran sinónimos o iguales.

Recuérdese que el límite proporcional está en el extremo de un trazo recto y no en una curva, como lo está el Límite Elástico que se encuentra en una curva.

Dado que es más fácil determinar el Límite Proporcional que el Elástico, los investigadores prefieren medir la resiliencia bajo el Límite Proporcional, en donde, además, el área del gráfico es triangular, lo que facilita los cálculos.

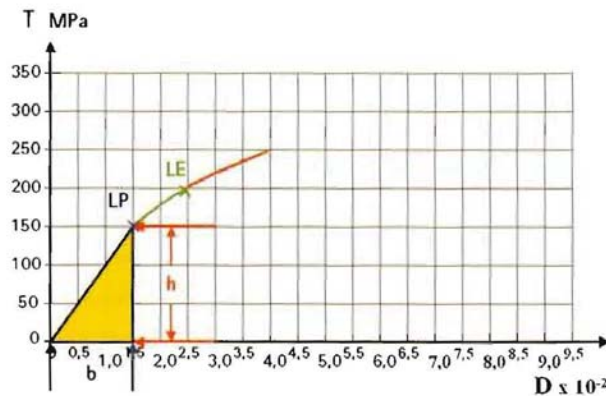
El área de un triángulo es la mitad del producto de la base por la altura. (44)

$$\mathbf{A = 1/2 (b \times h)}$$

Si tomamos como referencia la imagen de la figura 11, la resiliencia será el producto de la mitad de la deformación producida hasta el límite proporcional (la base del triángulo  $1,5 \times 10^{-2}$  sin unidad) por la tensión que produjo esa deformación (la altura del triángulo 150 MPa). Por lo tanto, la resiliencia se expresa en unidades de presión y en este caso en MPa.

$$\mathbf{A = \frac{1}{2} (1,5 \times 10^{-2}) \times 1500 \text{ MPa} = 1,125 \text{ MPa}}$$

## Resiliencia



**Imagen N° 9.** Calculo de la resiliencia (44)

Ricardo Macchi, en interpretación libre del autor, dice en su texto *Materiales Dentales, fundamentos para su estudio* (1980): en realidad, es posible superar muy ligeramente el Límite Proporcional y obtener todavía un comportamiento elástico. La máxima carga que se puede inducir aun, sin producir deformación permanente, es ligeramente superior al Límite Proporcional y se la denomina Límite Elástico. Sin embargo, como los dos valores están sumamente próximos es imposible, en la mayoría de los casos, de determinadas independientemente, y pueden, en la práctica, ser consideradas equivalentes.

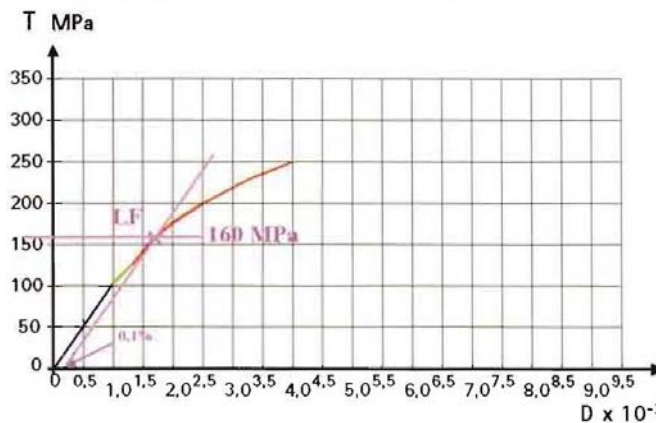
Por ello se recurre a la determinación de que tensión es necesaria inducir para producir una pequeña deformación permanente, por ejemplo 0,1 %.

Para encontrarlo se traza una línea recta paralela a la parte recta de la pendiente del gráfico, a partir del valor de la deformación prefijada en la abscisa, 0,1 % en este caso.

El punto donde el trazo intercepta la curva, permite conocer la tensión que sea necesaria inducir para producir esa deformación permanente dada (leyéndolo en la ordenada), que en la figura 10 se corresponde con los 160 MPa, llamándose a ese punto Límite de Fluencia (LF).

Esta deformación porcentual preestablecida (0,1 a 0,3%) se denomina Resistencia a la Fluencia o Resistencia al Estiramiento, y permite conocer la tensión que la produjo.

## Resistencia a la fluencia



**Imagen N° 10.** Resistencia a la Fluencia (44)

La resistencia a la fluencia siempre se encontrara por sobre el punto del Limite Elástico, y como se dijo, es una medida tensional para una deformación permanente preestablecida muy pequeña (0,1 % a 0,3%) y que el investigador debe indicar al mencionarla.

Por lo general, la resistencia a la fluencia se mide en tracción, de allí su otro nombre. Resistencia al Estiramiento.

Este dato es de suma importancia, dado que una deformación permanente, por pequeña que sea, puede significar el fracaso de una restauración. Aun cuando, en algunos casos, puede ser favorable, como por ejemplo en el bruñido de los bordes cavo de una incrustación metálica, especialmente en las construidas con aleaciones de oro. (44)

Si bien las deformaciones producidas por sobre el limite elástico son permanentes, debemos dejar en claro que, que retirada la tensión que la produjo, algo de esta deformación permanente puede ser recuperada, pero en ningún caso lograra una recuperación de un 100%, manteniendo una deformación residual.

Si continuamos aplicando presiones por sobre el límite elástico se llegara a un punto en que la deformación producida será de tal magnitud que romperá o fracturar al cuerpo, y habremos llegado a su límite de ruptura (LR), que en este caso se corresponde con una carga de 280 MPa.

## Límite de ruptura

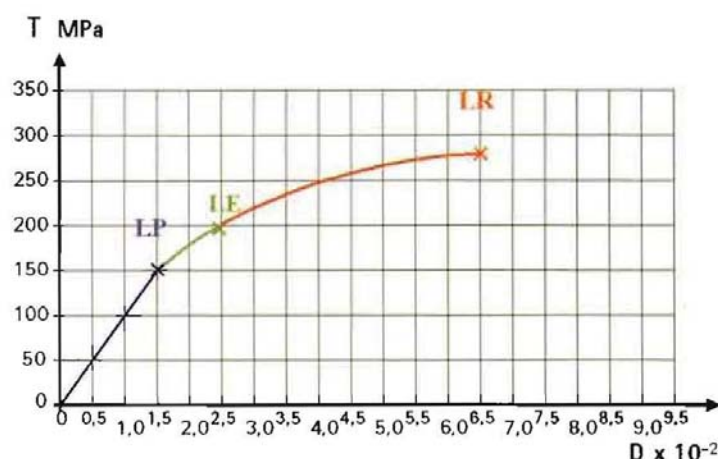


Imagen N° 11. Límite de Ruptura (44)

### 3.2.2 RESISTENCIA COMPRESIVA

Dado que la masticación se debe, fundamentalmente, a cargas compresivas, son muy útiles los datos que nos puede entregar el estudio de la resistencia a la compresión. También resulta muy útil en el estudio de materiales frágiles que no soportan cargas traccionales, como tampoco cargas de corte, como por ejemplo las amalgamas, los cementos y las cerámicas.

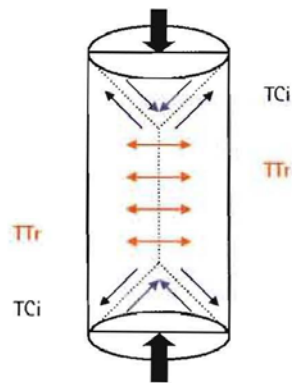
En el estudio de biomateriales maleables son de menor utilidad ya que, por definición, son altamente resistentes a las tensiones compresivas; por lo tanto, son capaces de deformarse permanentemente en una gran magnitud antes de romperse. Es el caso del oro y sus aleaciones tipo I y II.

Para estandarizar el estudio de la resistencia compresiva, el cuerpo de prueba debe ser cilíndrico y su altura, el doble de su diámetro.

Esto se debe a que cuando se somete un cuerpo a la compresión, su ruptura es consecuencia de una serie de tensiones muy complejas, que se generan en el seno del cuerpo. Esto se puede ver en la imagen No 12, que muestra un corte transversal de un cilindro recto, sometido a una compresión.

Como se puede observar, las cargas compresivas actúan en la ruptura de un cuerpo cilíndrico generando dos tipos de tensiones: las de cizallamiento y las traccionales. Las primeras adoptan forma de cono en ambas superficies del cuerpo, y las segundas, se generan desde la parte central del cilindro hacia las paredes laterales. (25)

### Carga compresiva



**Imagen N° 12.** Fractura por Carga Compresiva (25)

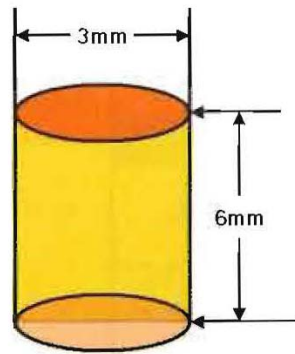
#### **3.2.3 CALCULO DE LA RESISTENCIA COMPRESIVA**

Ya sabemos que los cuerpos ante cargas opuestas se deforman y se rompen. Estas deformaciones y rupturas no solo dependen de la naturaleza del biomaterial del cual se encuentran formados y de la carga aplicada, sino también de la forma del cuerpo.

Para evitar que el factor forma del cuerpo influya en los experimentos que miden cargas o tensiones y deformaciones, se ha estandarizado la forma y dimensiones de los cuerpos de prueba, llamadas también probetas de ensayo. Por lo general, son cuerpos cilíndricos, cuyo alto es el doble de su diámetro.

Pensemos en una probeta confeccionada en una resina compuesta o composite, de 6mm de diámetro y 12mm de altura, a la que someteremos a una fuerza compresiva en una máquina de ensayo universal, que progresivamente ira aumentando. (25)

## Probeta de ensayo



**Imagen N° 13.** Cuerpo de prueba o probetas de ensayo (25)

Calcularemos primero la superficie del cuerpo en donde actuara una carga compresiva, sabiendo que este es un cilindro de 6mm de diámetro (radio = 3mm).

La superficie de una cara de un cilindro es igual a:

$$S = \pi \times r^2$$

Por lo tanto, el cálculo de una superficie de un cilindro en prueba nos dará:

$$S = 3,1416 \times 3^2 = 28,27\text{mm}^2 = 0,283\text{cm}^2$$

Si el cuerpo de prueba de las dimensiones dadas se rompe ante una fuerza teórica de 250kg, podremos calcular su resistencia compresiva.

La fórmula para calcular la resistencia es la misma que se utiliza para calcular la presión o la tensión, por lo tanto, será el cociente entre la fuerza (250 kg) y el área (0,283cm<sup>2</sup>). (25)

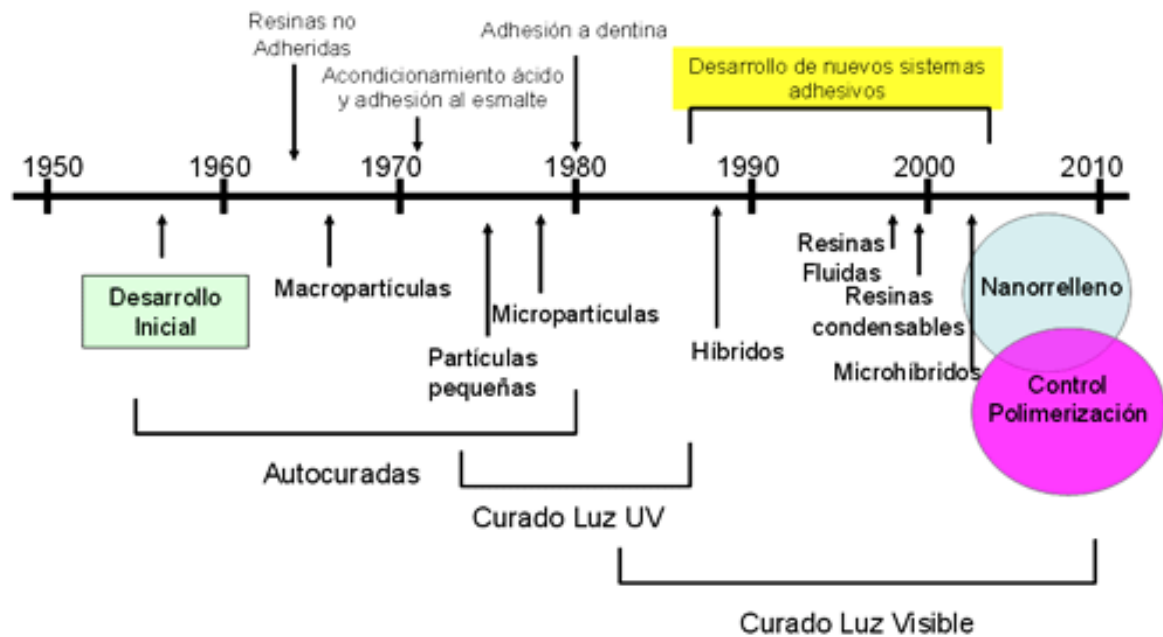
$$\text{Resistencia Compresiva} = \frac{250\text{kg}}{0,283\text{cm}^2} = 883,39 \text{ kg/cm}^2 \approx 88,3\text{MPa}$$

**Imagen N° 14.** Calculo de la Resistencia compresiva (25)

### **3.2.4 RESINA COMPUESTA**

#### **3.2.4.1 HISTORIA**

Los primeros materiales restauradores estéticos utilizados se basaron en los cementos de silicato. Estos cementos se obtenían haciendo reaccionar ácido fosfórico con partículas de vidrio. (26) A pesar de ofrecer una alta estética, presentaban algunos defectos como la alta solubilidad en el medio bucal y un alto grado de irritación pulpar. (27) Estos problemas condujeron al desarrollo de los sistemas acrílicos sin relleno (un copolímero basado en el polimetacrilato de metilo), sin embargo, éstos poseían un alto grado de contracción de polimerización y coeficientes de variación dimensional térmica diez veces mayor que el de las estructuras dentarias, trayendo como consecuencia filtraciones marginales y percolación. Las resinas acrílicas presentaban además una baja resistencia mecánica, inestabilidad de color y una gran generación de calor al polimerizar. A finales de los años 40, las resinas acrílicas de polimetilmetacrilato (PMMA) reemplazaron a los silicatos. Estas resinas tenían un color parecido al de los dientes, eran insolubles a los fluidos orales, fáciles de manipular y tenían bajo costo. Lamentablemente, estas resinas acrílicas presentan baja resistencia al desgaste y contracción de polimerización muy elevada y en consecuencia mucha filtración marginal. (28, 26)



**Imagen N° 15.** Cronología del desarrollo de las resinas compuestas de acuerdo a las partículas, sistemas de polimerización y tecnología adhesiva disponible.

### 3.2.4.2 DEFINICION

En el año 1962, el Dr. Rafael L. Bowen introduce, en reemplazo del metacrilato de metilo, un monómero de alto peso molecular dimetacrilato llamado BIS-GMA. (29, 28) Debido a su mayor peso molecular, la contracción que se generaba al polimerizar era menor. A esta molécula se le añadieron partículas de relleno inorgánico, las cuales se unían al monómero mediante un agente acoplador bifuncional constituido por un vinil silano, creando de esta forma, un nuevo complejo de resina que presentaba tres fases:

- Una primera fase continua o fase matricial,
- Una segunda fase dispersa o de partículas de relleno, y
- Un agente de unión entre ellas, de vinil silano. (30, 31, 29)

De aquí nace esta nueva generación de materiales en base a resinas compuestas o “composites”, es decir, un sistema de material formado por una mezcla de dos o más macroconstituyentes. (32)



### 3.2.4.3 MATRIZ RESINOSA

La fase continua o matriz estaba constituida originalmente por un monómero de dimetacrilato aromático, también denominado BIS-GMA. Éste es sintetizado por la reacción entre un bisfenol A y un metacrilato glicidílico. En la actualidad puede ser reemplazado por el dimetacrilato de uretano, el cual posee un índice de refracción de la luz más parecido al diente que el BIS-GMA.

Sin embargo, su alto peso molecular es una característica limitante, ya que aumenta su viscosidad, pegajosidad y conlleva a una reología indeseable que comprometen las características de manipulación. Además, en condiciones comunes de polimerización, el grado de conversión del Bis-GMA es bajo. Para superar estas deficiencias, se añaden monómeros de baja viscosidad tales como el TEGDMA (trietilenglicol dimetacrilato). Actualmente el sistema Bis-GMA/TEGDMA es uno de los más usados en las resinas compuestas. En general este sistema muestra resultados clínicos relativamente satisfactorios, pero aún hay propiedades que necesitan mejorarse, como la resistencia a la abrasión. (28, 32, 33)

Por otro lado, la molécula de Bis-GMA, tiene dos grupos hidroxilos los cuales promueven la sorción de agua. Un exceso de sorción acuosa en la resina tiene efectos negativos en sus propiedades y promueve una posible degradación hidrolítica. (45) Actualmente, monómeros menos viscosos como el Bis-EMA6 (Bisfenol A Polietileno glicol dieter dimetacrilato), han sido incorporados en algunas resinas, lo que causa una reducción de TEGDMA. El Bis-EMA6 posee mayor peso molecular y tiene menos uniones dobles por unidades de peso, en consecuencia produce una reducción de la contracción de polimerización, confiere una matriz más estable y también mayor hidrofobicidad, lo que disminuye su sensibilidad y alteración por la humedad. (46) Otro monómero ampliamente utilizado, acompañado o no de Bis-GMA, es el UDMA (dimetacrilato de uretano), su ventaja es que posee menos viscosidad y mayor flexibilidad, lo que mejora la resistencia de la resina. (53) Las resinas compuestas basadas en UDMA pueden polimerizar más que las basadas en Bis-GMA. (54) Sin embargo, Soderholm y colaboradores. (55) Indicaron que la profundidad de curado era menor en ciertas resinas compuestas basadas en

UDMA debido a una diferencia entre el índice de refracción de luz entre el monómero y el relleno.

#### **3.2.4.4 PARTICULAS DE RELLENO**

La fase dispersa o de partículas de relleno puede estar constituida principalmente por: cuarzo, sílice, sílice pirolítica, vidrio de borosilicato, silicatos de litio y fluoruro de bario. El objetivo de la incorporación de este relleno inorgánico era lograr disminuir la cantidad de monómero por unidad de volumen y así disminuir la contracción de polimerización. A su vez, el relleno inorgánico aumentaba la resistencia mecánica del material. (28, 32)

Las partículas de relleno más utilizadas son las de cuarzo o vidrio de bario y son obtenidas de diferentes tamaños a través de diferentes procesos de fabricación (pulverización, trituración, molido). Las partículas de cuarzo son dos veces más duras y menos susceptible a la erosión que el vidrio, además de que proporcionan mejor adhesión con los agentes de conexión (Silano). También son utilizadas partículas de sílice de un tamaño aproximado de 0,04mm (micropartículas), las cuales son obtenidas a través de procesos pirolíticos (quema) o de precipitación (sílice coloidal). (56)

La tendencia actual es la disminución del tamaño de las partículas, haciendo que la distribución sea lo más cercana posible, en torno a 0.05  $\mu\text{m}$ . (57) Es importante resaltar que cuanto mayor sea la incorporación de relleno a la matriz, mejor serían las propiedades de la resina, ya que, produce menor contracción de polimerización y en consecuencia menor filtración marginal, argumento en el cual se basa el surgimiento de las resinas condensables. (58)

Sin embargo, tan importante como la contracción de polimerización, es la tensión o el estrés de contracción de polimerización, o sea, la relación entre la contracción de la resina, su módulo de elasticidad (rigidez) y la cantidad de paredes o superficies dentarias a unir (Factor C). Con esto, las resinas con altísima incorporación de relleno acaban contrayendo menos, pero causando mayor estrés de contracción lo que conlleva a mayor filtración, por ser demasiado rígidas. (59)

### **3.2.4.5 AGENTE DE CONEXIÓN O ACOPLAMIENTO**

El agente de unión o fase intermedia es un agente de enlace con grupos bifuncionales que reacciona con la fase inorgánica y la matriz, originando una unión química entre ellas. Esta adhesión entre ambas fases es esencial para que el material tenga resistencia y durabilidad. Estos agentes también pueden actuar como disipadores de tensión en la interface relleno-resina. (27, 28, 32)

Los agentes de vinil silano fueron los primeros en ser utilizados como agentes de unión entre la matriz y la fase dispersa. Posteriormente se comenzaron a usar otros como el gamma metacriloxipropilvinilsilano, que permitía una unión más estable y resistente. (28, 32)

Además de la matriz, del relleno y del agente de unión, también forman parte de la resina compuesta otros agentes tales como:

- Monómeros que disminuyen la viscosidad, como por ejemplo, el TEGDMA,
- Inhibidores de la polimerización para prolongar la vida útil, previniendo el endurecimiento espontáneo del material durante el período de almacenamiento,
- Iniciadores y aceleradores que se combinan para producir radicales libres que inician la reacción de polimerización,
- Pigmentos para dar las distintas tonalidades al material restaurador.
- Modificadores y opacificadores para controlar el color y la translucidez. (28)

Por lo tanto, con el desarrollo de este material trifásico, se consiguió aumentar la resistencia mecánica, y reducir la contracción de polimerización y el coeficiente de variación dimensional térmica de manera considerable. (32)

Las resinas compuestas se presentaron inicialmente en forma de un polvo y un líquido. El polvo era principalmente el relleno inorgánico silanizado, mientras que el líquido estaba constituido por la fase monomérica a polimerizar. Al realizar la mezcla, el material endurecía quedando constituida la resina compuesta. Posteriormente la presentación del material fue cambiada a un sistema de dos pastas: una base y una catalizadora. Ambas pastas contenían el monómero, el relleno inerte silanizado y además, una de ellas tenía peróxido iniciador mientras que la otra tenía una amina activadora. Al juntar ambas pastas se desencadenaba la reacción de polimerización con el consecuente endurecimiento del material. (32)

Pese a haber solucionado una parte importante de los problemas planteados en relación a los requisitos deseados para un material restaurador estético, aún persistía el problema de la inestabilidad del color de la resina compuesta. Esto último estaba determinado por el sistema de activación, basado originalmente en una reacción amina-peróxido (dimetil, p-toluidina – peróxido de benzoilo). Tras múltiples ensayos se logró solucionar este problema cambiando el sistema de activación química a una activación física, la que puede darse mediante calor (sistemas indirectos de termocurado) o mediante luz visible (sistemas directos e indirectos de fotocurado).

Estas últimas resinas compuestas, de activación física, presentaron una serie de ventajas en comparación con las de activación química o de autocurado. Podemos mencionar entre ellas, una mayor estabilidad del color, un mayor tiempo de trabajo útil, una mayor resistencia mecánica y un mejor resultado estético. (32)

Hoy en día las resinas compuestas se nos presentan como una pasta única, envasada en una jeringa opaca, dispuesta para ser fotoactivada por la fuente lumínica correspondiente. La pasta presenta una viscosidad considerable lo que dificulta la incorporación de aire en ella al momento de manipularla. Antiguamente esto había sido un problema para las resinas compuestas de autocurado. La gran ventaja de este sistema de presentación es que el operador es quien controla el tiempo de trabajo, modificándolo a su voluntad dependiendo de la situación clínica. (34)

### **3.2.4.6 CLASIFICACION DE LAS RESINAS COMPUESTAS**

Las resinas compuestas se pueden clasificar desde distintos puntos de vista:

#### **3.2.4.6.1 CLASIFICACIÓN CRONOLÓGICA**

##### **PRIMERA GENERACION**

Las primeras resinas compuestas aparecidas en el comercio se caracterizaron por una fase orgánica compuesta por Bis- GMA y un refuerzo de macropartículas de 8 a 10 µm en promedio en forma de esferas y prismas de

vidrio en un porcentaje del 70%. Mejoraron la resistencia al desgaste pero no tenían buena capacidad de pulido y se pigmentaban rápidamente.

En la actualidad no se cuenta con productos comerciales de esta generación.

### **SEGUNDA GENERACION**

Se aumentó el porcentaje de la fase orgánica, es la generación de las resinas de micropartícula. Inicialmente tuvieron un tamaño promedio de 0,04  $\mu\text{m}$ . actualmente se usan tamaños ligeramente mayores, 0,05 a 0,1 $\mu\text{m}$ , de todas formas de dispersión coloidal no visible al ojo humano.

La adición de estas micropartículas coloidales toma el material extremadamente viscoso y difícil de manipular es por eso que se han creado formas de realizarla sin que comprometa las propiedades físicas. (60) Con esta generación mejoraron la capacidad de pulido pero disminuyó la resistencia al desgaste al tener que aumentar la proporción de matriz.

### **TERCERA GENERACION**

Corresponde a los híbridos, donde se incluyen en la fase inorgánica diferentes tamaños de partícula de micro y partícula pequeña de diferente composición química. La mezcla de diferentes tamaños de partículas mejora considerablemente la textura superficial y la capacidad de pulimento, problema inherente a las primeras fórmulas de macropartículas, que no podían pulirse, ocasionando superficies rugosas aptas para el anclaje de pigmentos y placa.

### **CUARTA GENERACION**

Corresponde al grupo de resinas compuestas las cuales vienen en alto porcentaje de refuerzo inorgánico con base en vidrios cerámicos y vidrios metálicos. Son las resinas compuestas para posteriores.

### **QUINTA GENERACION**

Son resinas compuestas para posteriores, para ser utilizadas en forma indirecta, procesadas en calor y presión o combinaciones con luz, calor, presión, etc.

### **SEXTA GENERACION**

Son los sistemas contemporáneos llamados también resinas compuestas microhíbridas y nanohíbridas.

### **SEPTIMA GENERACION**

Son las resinas compuestas de nanotecnología o de nanorrelleno. (60)

### **3.2.4.6.2 CLASIFICACIÓN SEGÚN SU SISTEMA DE ACTIVACIÓN**

#### **A. Resinas compuestas de autocurado**

En el proceso de activación química, una amina terciaria aromática es quien activa la reacción de polimerización, que al actuar sobre el peróxido de benzoilo, permite la producción de radicales libres que reaccionarán sobre el monómero en el inicio del proceso, a temperatura ambiente. (61)

#### **B. Resinas compuestas de fotocurado**

Corresponde a los sistemas activados por luz visible. En estos sistemas una luz halógena, de longitud entre los 410 y 500 nm., activa a una  $\alpha$  - dicetona, la canforoquinona, que en presencia de una amina alifática, inicia la reacción de polimerización. En otras palabras, los fotones actúan sobre la canforoquinona, que reacciona liberando radicales libres, los que a su vez inician el proceso de polimerización del monómero presente. (62)

Las resinas compuestas foto activadas poseen numerosas ventajas en comparación a las resinas compuestas de auto polimerización, entre las cuales se puede mencionar la menor cantidad de monómero residual que se encuentra posterior al proceso de polimerización, un proceso de polimerización más rápido, la capacidad que posee la luz de atravesar las estructuras dentarias, y proporcionar una mayor estabilidad de color. (63)

#### **C. Resinas compuestas de activación dual**

Corresponden a la combinación de distintos sistemas de polimerización, tales como calor – presión, luz – presión, calor – luz, o foto – auto polimerización, siendo esta última combinación la más utilizada hoy en día en las resinas compuestas destinadas a la fijación de estructuras indirectas en boca. (64)

#### **D. Resinas compuestas termoactivadas.**

Corresponde a la activación por calor o por un alza en la temperatura del material previamente moldeado y por esta razón son utilizadas principalmente como material para la confección de estructuras indirectas. (62) Sin embargo, la clasificación más usada para las resinas compuestas es aquella basada en el tamaño de sus partículas de relleno. (48, 50)

### **3.2.4.6.3 CLASIFICACIÓN SEGÚN SU CONSISTENCIA**

- Resinas compuestas convencionales

Corresponden a un grupo de resinas compuestas que poseen una viscosidad intermedia. Esta característica está dada por la cantidad de relleno presente en su estructura, la que corresponde a un 72% - 82% en peso, y a un 60% - 68% en volumen. Tienen un bajo índice de desgaste, alta elasticidad y resistencia a la fatiga. (65)

#### - Resinas compuestas condensables

Corresponden a aquellos composites con una estructura similar a la de cualquier resina, donde la porción inorgánica o de relleno constituye el 77% a 83% en peso y 65% a 71% en volumen. Poseen una malla polimérica rígida (fibras cerámicas porosas silanizadas conectadas entre sí que permiten el infiltrado de la matriz orgánica entre ellas), lo que brinda una viscosidad similar a la de la amalgama. Debido a su alto contenido de relleno, se hace necesario condensar el material para lograr su adaptación a la cavidad a restaurar. Son altamente resistentes al desgaste y a la fatiga, con un alto módulo de elasticidad que las hace comportarse como resinas rígidas. (65) Sus ventajas son, la posibilidad de ser condensadas (como la amalgama de plata), mayor facilidad para obtener un buen punto de contacto y una mejor reproducción de la anatomía oclusal. Su comportamiento físico-mecánico es similar al de la amalgama de plata, superando a las de los composites híbridos. (66) Sin embargo, su comportamiento clínico, según estudios de seguimiento es similar al de los composites híbridos. (67) Como principales inconvenientes destacan la difícil adaptación entre una capa de composite y otra, la dificultad de manipulación y la poca estética en los dientes anteriores. Su principal indicación radica en la restauración de cavidades de clase II con el fin de lograr, gracias a la técnica de condensación, un mejor punto de contacto.

#### - Resinas compuestas fluidas

Son resinas compuestas de baja viscosidad, es decir, más fluidas que la resina compuesta convencional. Para poder alcanzar esta característica, se les disminuyó el porcentaje de relleno inorgánico y se eliminó de su composición algunas sustancias o modificadores reológicos, con lo cual mejora su manipulación. La cantidad de relleno que poseen es de 51% a 65% en peso y de 36% a 50% en volumen. Esto les confiere un bajo módulo de elasticidad y una gran flexibilidad. Son de fácil pulido y poseen una baja resistencia al desgaste. (47)

Además producen alta humectabilidad de la superficie dental, asegurando la penetración en todas las irregularidades del sustrato dentario, formando espesores de capa mínimos que eliminan el atrapamiento o inclusión de aire en su interior. (68)

#### **3.2.4.6.4 CLASIFICACIÓN DE LAS RESINAS COMPUESTAS SEGÚN EL TIPO DE RELLENO**

A. Resinas compuestas de macrorelleno: También denominadas resinas convencionales o de primera generación. Estas resinas estaban constituidas por partículas de relleno inorgánico bastante irregulares en cuanto a su tamaño, oscilando entre 1-100 micrones. Pese a ser mejores que las resinas acrílicas, estos tipos de resinas compuestas presentaban una serie de problemas, tales como:

- Porosidad superficial, lo que se producía al quedar aire atrapado dentro de la resina compuesta durante su manipulación.
- Dificultad de lograr una superficie pulida adecuada, esto se debía

Fundamentalmente al distinto ritmo de desgaste de las partículas de relleno inorgánicas en relación con la fase matriz, ya que ambas tienen diferentes grados de dureza, y además, por la heterogeneidad del tamaño de las partículas de relleno. (28, 26)

B. Resinas compuestas de microrelleno: También llamadas resinas compuestas de acabado fino, nacen como una alternativa a las anteriores. Estos sistemas de resina poseen partículas de sílice pirolítica coloidal, las cuales tienen un tamaño mucho más uniforme que aquellas usadas en las resinas compuestas convencionales, oscilando entre 0.2 - 0.04 micrones de diámetro. Las partículas de relleno ultrafinas, por su tamaño, incrementan en gran medida el área de su superficie en contacto con los monómeros, razón por la cual no se pueden agregar en mucho porcentaje, ya que aumentarían demasiado su viscosidad. Esto conlleva a una reducción de las propiedades mecánicas de la resina compuesta. (35, 28, 33)

La característica más destacable de estas resinas compuestas es la excelente terminación superficial que puede lograr, lo que permite obtener una estética excepcional. Es por esta razón que los materiales se reservaron especialmente



para restauraciones en el sector anterior donde además no se requiere una gran resistencia mecánica. (26, 32, 36)

C. Resinas compuestas híbridas: Estas resinas compuestas buscan combinar las propiedades físicas y mecánicas de los sistemas de partículas convencionales y la capacidad de pulido de los sistemas de partículas de microrelleno, logrando resultados intermedios entre ambos sistemas. Esta tecnología híbrida permite una alta carga de relleno en la resina compuesta, lo cual permite recuperar gran parte de las propiedades mecánicas que se habían perdido con los sistemas de microrelleno, aunque no logran igualar su capacidad de pulido. (37, 38) El tamaño de partícula de relleno en estas resinas híbridas oscila entre 0.04 – 5 micrones, constituyendo un 75 a 80% aproximadamente de la resina compuesta, pero el tamaño promedio está por sobre el micrón. (28, 39)

D. Resinas compuestas microhíbridas: Con el fin de mejorar aún más las propiedades estéticas de estos materiales, y a su vez preservar las propiedades mecánicas, surgen los sistemas de resinas compuestas microhíbridas. Estos sistemas de resina compuesta están constituidos por partículas de relleno que oscilan entre los 0.04 – 3 micrones, con un promedio de tamaño que oscila entre 0.4 y 0.8 micrones. Presenta muy buenas propiedades estéticas, una alta capacidad de pulido y buena resistencia a la abrasión. (32, 34, 49)

E. Resinas compuestas de nanorelleno: Hoy en día los avances tecnológicos han permitido obtener resinas compuestas con partículas de relleno cada vez más pequeñas, pero con procedimientos que permiten agregarlas en un alto porcentaje. Es así como se han desarrollado estos sistemas de resinas compuestas con partículas de relleno que van de 0.02 a 0.075 micrones. Estos sistemas poseen una buena resistencia al desgaste gracias al tipo de relleno de estroncio vítreo que poseen. Este relleno nanométrico genera un pulido de larga duración de la resina compuesta, manteniendo las propiedades de resistencia mecánica. (39)

Se han visto en la clasificación previa de las resinas compuestas que el tamaño y tipo de partícula de relleno incide directamente en aspectos mecánicos y estéticos de estos materiales. Todas las resinas compuestas utilizadas para restauraciones de tipo directas poseen ciertas propiedades generales y se analizan a continuación aquellas que se consideran más pertinentes.

F. Resinas Compuestas Nanohíbridas

Este tipo de resinas compuestas ha generado mucha confusión al tratar de clasificarlas y describir sus características clínicas, pues difieren francamente de las resinas de nanorelleno.

Según Vargas, actualmente se viene empleando el término "nanohíbridas", que significa la incorporación de nanopartículas dentro de un material microhíbrido.

En esencia, todo híbrido que contiene sílice pirogénico de  $0.04\mu\text{m} = 40$  nanómetros puede denominarse "nanohíbrido".

Así que, estos tipos de resinas ciertamente poseen partículas nanométricas en su composición inorgánica que oscila entre 20 a 60nm, pero a diferencia de las de nanorelleno no poseen un nanoclúster que esté formado por nanopartículas a manera de un racimo, en reemplazo de este tienen un microrelleno promedio de 0.7 micrones. Estas partículas actuarán como soporte para las nanométricas y otorgan viscosidad al material, regulan la consistencia, dan el color y la radiopacidad. (50, 75)

Justamente, las distintas formas de otorgar ese soporte a las nanopartículas son la diferencia más importante con respecto a los distintos desarrollos comerciales.

Los aportes clínicos de estos materiales son bastantes parecidos a los de nanorelleno, pero su falencia radica en lo que refiere a la pérdida de su partícula de soporte (microhíbrido) frente a una acción abrasiva generando un efecto de "desplume" completo, alterando la lisura superficial y la conservación del brillo.

### **3.2.4.7 PROPIEDADES FISICAS DE LAS RESINAS COMPUESTAS**

#### **3.2.4.7.1 VARIACIÓN DIMENSIONAL TERMICA**

Es el cambio de dimensión de un material cuando su temperatura varía. Lo que requiere es que el coeficiente del material restaurador sea lo más similar posible al de los tejidos dentarios. En caso de no ser así, al producirse una variación brusca de la temperatura intrabucal (por ejemplo, al comer un helado) el material restaurador se contraerá más que el diente, generando una tensión que puede producir una separación a nivel de interface diente-restauración con la consiguiente penetración de los fluidos bucales en este espacio. Al normalizarse

la temperatura intraoral la restauración vuelve a su volumen original, expulsando de la interface los fluidos que previamente se habían infiltrado. Esto al repetirse en el tiempo, genera un bombeo con aspiración y expulsión de fluidos y materia orgánica al interior de la interface diente-restauración. Este fenómeno se denomina percolación y puede traer como consecuencia recidivas de caries e irritación pulpar. (40) Cabe destacar que este fenómeno de percolación siempre está presente en mayor o menor medida dependiendo de la similitud de los coeficientes de variación dimensional térmica del diente y del material de restauración. (43)

#### **3.2.4.7.2 CONDUCTIVIDAD TERMICA**

La conductividad térmica de una sustancia es la cantidad de calor, en calorías o joules por segundo, que pasan a través de un cuerpo de 1 cm. de espesor con una sección de  $1\text{cm}^2$ . (34) La matriz orgánica de la resina compuesta y el relleno inorgánico son malos conductores térmicos, por lo tanto, ante cambios térmicos pasajeros la restauración no cambiará de temperatura tan rápidamente como la estructura dentaria. Sin embargo, se puede apreciar que los sistemas convencionales poseen una conductividad térmica tres veces más alta que los sistemas de microrelleno, debido a la mayor conductividad del cuarzo que éstos poseen, y a la mayor probabilidad de contacto partícula – partícula que existe al utilizar rellenos de mayor tamaño. (34)

#### **3.2.4.7.3 SORCIÓN ACUOSA**

Se define como la cantidad de agua adsorbida sobre la superficie de un material y la absorbida al interior del mismo. Para las resinas compuestas la presencia de sorción acuosa se traduce clínicamente en una expansión higroscópica, la cual podemos minimizar en la medida que el monómero de la resina compuesta sea de mayor peso molecular. Debe existir además, una buena adhesión entre la fase matriz y la fase dispersa mediante el agente de unión, ya que si ésta se encuentra deteriorada, aumenta la porción acuosa y por ende su expansión higroscópica. (37)

#### **3.2.4.7.4 MODULO DE ELASTICIDAD**

Expresa la rigidez de un material dado. Para las resinas compuestas depende directamente de la cantidad de relleno y del grado de polimerización de la fase matriz, aumentando exponencialmente con el porcentaje de la fracción volumétrica del relleno. De esta manera, las resinas compuestas convencionales al ser más rígidas, soportan mejor las fuerzas de mordida intensas, mientras que para zonas donde predominan fuerzas de deflexión, como en la zona cervical de una pieza dentaria, funciona mejor una resina compuesta de microrelleno. (40)

#### **3.2.4.7.5 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y A LA TRACCIÓN**

Es directamente proporcional a la cantidad de relleno inorgánico presente en la resina compuesta y al grado de polimerización de la matriz. (40) Además, depende del tamaño de las partículas de relleno. Las resinas compuestas híbridas poseen mayor resistencia a la compresión que las de microrelleno debido a que estas últimas no logran incorporar en su masa una alta cantidad de partículas de relleno. A su vez, las resinas compuestas híbridas poseen una mayor resistencia a la compresión que las convencionales, debido a que para un mismo porcentaje de relleno, la disminución del tamaño de partícula se traduce en un incremento de la resistencia a la compresión. (41)

#### **3.2.4.7.6 ESTABILIDAD DE COLOR**

Las resinas compuestas sufren alteraciones de color debido a manchas superficiales y decoloración interna. Las manchas superficiales están relacionadas con la penetración de colorantes provenientes principalmente de alimentos y cigarrillo, que pigmentan la resina. La decoloración interna ocurre como resultado de un proceso de foto oxidación de algunos componentes de las resinas como las aminas terciarias. (69) Es importante destacar que las resinas fotopolimerizables son mucho más estables al cambio de color que aquellas químicamente activadas. (70)

#### **3.2.4.7.7 RADIOPACIDAD**

Un requisito de los materiales de restauración de resina es la incorporación de elementos radio opacos, tales como, bario, estroncio, circonio, zinc, iterbio, itrio y

lantano, los cuales permiten interpretar con mayor facilidad a través de radiografías la presencia de caries alrededor o debajo de la restauración.

#### **3.2.4.7.8 CONTRACCION DE POLIMERIZACION**

La contracción de polimerización es el mayor inconveniente de estos materiales de restauración. (71) Las moléculas de la matriz de una resina compuesta (monómeros) se encuentran separadas antes de polimerizar por una distancia promedio de 4 nm. (Distancia de unión secundaria), al polimerizar y establecer uniones covalentes entre sí, esa distancia se reduce a 1.5 nm (distancia de unión covalente). Ese "acercamiento" o reordenamiento espacial de los monómeros (polímeros) provoca la reducción volumétrica del material. (72) La contracción de polimerización de las resinas es un proceso complejo en el cual se generan fuerzas internas en la estructura del material que se transforman en tensiones cuando el material está adherido a las superficies dentarias. (73)

#### **3.2.5 RESINAS COMPUESTAS USADAS EN EL ESTUDIO**

##### **3.2.5.1 RESINA NANOHIBRIDA FILTEK Z250 XT**

Es una resina compuesta nano híbrida fotopolimerizable para uso en restauraciones anteriores y posteriores. Un adhesivo dental es utilizado para unir permanentemente la resina a la estructura dental. Está disponible en 12 tonos, 2 de los cuales son opacos. Todos los tonos son radiopacos y fluorescentes

Indicaciones de Uso:

- Restauraciones directas anteriores y posteriores
- Técnica de sándwich con materiales de ionómero de vidrio modificados con resina
- Reconstrucción de cúspides
- Reconstrucción de muñones
- Restauraciones indirectas anteriores y posteriores incluyendo inlays, onlays
- y carillas.

Sistema de Relleno

- Zirconio/sílice de superficie modificada con una mediana de tamaño de partícula de aproximadamente 3 micrones o menos.

- Partículas de sílice de superficie modificada de 20 nanómetros no aglomerados/ no aglomerados
- La carga de relleno es del 82% por peso (68% por volumen)

Sistema de Resina

- BIS-GMA, UDMA, BIS-EMA, PEGDMA y TEGDMA

La tecnología de resina se basa en la resina restauradora Filtek Z250 X, reemplazando parte del TEGDMA con PEGDMA para moderar la contracción. Esta resina compuesta Filtek Z250 XT Nanohíbrida exhibe una baja contracción con relación a las resinas competitivas en esta clase de materiales.

Resistencia Compresiva promedio de 385 MPa (75)

### **3.2.5.2 RESINA NANOHIBRIDA TPH<sup>3</sup>**

TPH<sup>3</sup> está indicado como restaurador directo de todo tipo de cavidades en dientes anteriores y posteriores; está indicado para restauraciones estéticas como carillas “Veneer”, usos cosméticos y reestructuración (por ejemplo, el cierre de diastema y alargamiento incisal), está indicado para restauraciones indirectas como Inlays y Onlays. Tiene un alto valor de dureza superficial en comparación con otras resinas. TPH<sup>3</sup> es aproximadamente tres veces más radiopaca a los rayos X que la dentina.

El tamaño de las partículas de relleno (partículas de Dióxido de Silicio) está en el rango de 10 a 20 nm. Con una partícula promedio de 1micron. El porcentaje total en volumen de la carga inorgánica es de 58%, y en peso es de aprox. 75-77%. Con 2.5% de contracción de polimerización. TPH3 une la nanotecnología de un exclusivo sistema de cargas sinérgicas y una patentada matriz resinosa clínicamente comprobada, ofreciendo estética y durabilidad.

TPH3 dispone de conexiones cruzadas altamente eficientes con un índice de refracción de luz que, en sintonía con la tecnología de cargas, proporciona:

- Excepcional adhesión con cargas y gran resistencia de la matriz
- Absorción del color y reflexión de luz de apariencia natural (Bio mimetismo): con propiedades naturales de opalescencia, translucidez y fluorescencia

Indicaciones de uso:

La resina nanohíbrida TPH<sup>3</sup> está indicado para toda clase de cavidades en dientes anteriores y posteriores.

Resistencia Compresiva promedio de 375 Mpa. (42)

### **3.2.5.3 RESINA MICROHIBRIDA FILTEK Z250**

El nuevo sistema de resinas del material Restaurador Universal Filtek Z250™ de 3M™ se compone de tres componentes principales. En el material Restaurador Filtek Z250, la mayor parte del TEGDMA ha sido reemplazado por una mezcla de UDMA (uretano dimetacrilato) y Bis-EMA(6)1(Bisfenol A diglicidil éter dimetacrilato). Ambas resinas tienen un mayor peso molecular y – por lo tanto – tienen menos enlaces dobles por unidad de peso

#### **Material de Relleno**

La distribución del tamaño de las partículas es de 0.01µm a 3.5µm con un tamaño de partícula promedio de 0.6µm.

#### **Indicaciones de Uso:**

- Restauraciones directas anteriores y posteriores
- Técnica de Sándwich con ionómero de vidrio
- Reconstrucción de cúspides
- Reconstrucción de muñones
- Ferulizaciones
- Restauraciones indirectas anteriores y posteriores que incluyen inlays, onlays y coronas veneer.

Resistencia compresiva promedio de 410 Mpa (76)

### **3.2.5.4 RESINA MICROHIBRIDA TPH SPECTRUM**

Composite híbrido submicrónico, fotocurado por luz halógena para restauraciones anteriores y posteriores. El composite está predosificado en compules o presentado en jeringas tradicionales disponiendo de una precisa selección de tonalidades.

#### **Composición**

- Bis-GMA-adduct (adduct de 2,2-Bis[4-(2 hidrox-3-metacrililoiloxypoxi)-fenil]propano

Con hexametilano disocianato).

- Bis-EMA (2,2-Bis[4-(2-metacrililoiloxietoxy)-fenil]propano)
- TEGDMA (3,6-Dioxaoctametileno-dimetacrilato)
- Fotoiniciadores

- Estabilizadores
- Barioaluminioborosilicato (tamaño partícula principal < 1.5 µm)
- Dioxido de silice altamente disperso (tamaño de partícula 0.04 µm)

Indicaciones:

Spectrum TPH está indicado para toda clase de cavidades en dientes anteriores y posteriores.

Resistencia compresiva promedio 400 Mpa. (74)

### **3.3 DEFINICIÓN DE TERMINOS**

#### **3.3.1 RESINA COMPUESTA**

Mezcla entre una resina (matriz organica) y un relleno inorgánico, químicamente es un monómero llamado Bisfenol A – Metacrilato de glicidilo (BIS- GMA), siendo la unión entre una resina epoxica y una vinílica. Ray L. Bowen (1962)

#### **3.3.2 RESINA COMPUESTA MICROHIBRIDA**

Estos sistemas de resina compuesta están constituidos por partículas de relleno que oscilan entre los 0.04 – 3 micrones, con un promedio de tamaño que oscila entre 0.4 y 0.8 micrones. (32, 34)

#### **3.3.3 RESINA COMPUESTA NANOHIBRIDA**

Resinas microhíbridas que poseen partículas nanométricas en su composición inorgánica que oscila entre 20 a 60nm, pero a diferencia de las de nanorelleno no poseen un nanoclúster que esté formado por nanopartículas a manera de un racimo, en reemplazo de este tienen un microrelleno promedio de 0.7 micrones. (75)

#### **3.3.4 RESISTENCIA COMPRESIVA**

Tensión compresiva máxima que un cuerpo puede soportar antes de fracturarse. Oscar Steenbecker (2010)



### **3.4 HIPOTESIS**

#### **3.4.1 HIPOTESIS GENERAL**

Existen diferencias en la resistencia compresiva, entre las resinas compuestas microhíbridas y las nanohíbridas.

#### **3.4.2 HIPOTESIS NULA**

No existen diferencias en la resistencia compresiva al comparar las resinas compuestas híbridas y las de nanorrelleno

## **IV.- MATERIAL Y METODOS**

### **4.1 TIPO DE ESTUDIO**

El estudio de investigación fue de tipo comparativo analítico y transversal.

Transversal: Porque se estudió las variables simultáneamente en un determinado tiempo, haciendo un corte en el tiempo.

Comparativo Analítico: Porque se seleccionaron las muestras y se sometieron a un test de resistencia compresiva, comparando el comportamiento de la resina compuesta microhíbrida y nanohíbridas sin una relación causal.

### **4.2 POBLACION Y MUESTRA**

#### **4.2.1 POBLACION**

Resinas compuestas microhíbridas y nanohíbridas.

#### **4.2.2 MUESTRA**

##### **4.2.2.1 TIPO DE MUESTRA**

No probabilística (por conveniencia)

##### **4.2.2.2 TAMAÑO DE LA MUESTRA**

La muestra de la investigación estuvo conformada por muestras cilíndricas de resinas de 4mm de diámetro por 8mm de altura, siendo distribuidas en 4 grupos con 15 muestras en cada uno, siendo el grupo 1 conformado por la resina microhíbrida Z250, el segundo por la resina microhíbrida TPH SPECTRUM, el

tercero por la resina nanohíbrida Z250 XT y el cuarto grupo por la resina nanohíbrida TPH<sup>3</sup>. Dando un total de 60 muestras de resina compuesta.

#### **4.2.2.3 CRITERIOS DE INCLUSION**

Cuerpos de prueba que cumplieron con las medidas establecidas, totalmente lisos y planos en su superficie sin defectos estructurales como líneas de fracturas y burbujas, por lo que cada muestra fue calibrada por un Vernier para que cumplieran las medidas requeridas, luego fue inspeccionada cada muestra al detalle para evitar los defectos estructurales antes mencionados

### 4.3 OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

VARIABLES	DEFINICION	INDICADOR	ESCALA	CATEGORIA
RESINA COMPUESTA	Es un material orgánico Sintético rígido e Indeformable constituido por una matriz orgánica y un relleno inorgánico	RESINA MICROHÍBRIDA; resina compuesta constituida por partículas de relleno que oscilan entre los 0.04 – 3 micrones, con un promedio de tamaño que oscila entre 0.4 y 0.8 micrones.	Nominal	Resina Compuesta Filtek Z 250
				Resina Compuesta TPH Spectrum
		RESINA NANOHÍBRIDA; Resinas microhíbridas que poseen partículas nanométricas en su composición inorgánica que oscila entre 20 a 60nm,	Nominal	Resina Compuesta TPH <sup>3</sup>
				Resina Compuesta Filtek Z250 XT
RESISTENCIA COMPRESIVA	Resistencia de un cuerpo a una carga en el momento de fracturarse	Cantidad de fuerza requerida para fracturar la resina compuesta, medida en Kg/mm <sup>2</sup> que posteriormente será convertida a Megapascal	Razón	MEGAPASCAL (MPa)

## **4.4 MATERIALES**

### **4.4.1 RECURSOS HUMANOS**

1 investigador, 1 asesor, 3 consultores.

### **4.4.2 RECURSOS MATERIALES**

- Lámpara de luz halógena
- Jeringa de 3g de resina compuesta nanohíbrida Filtek Z250 XT® 3M-ESPE, USA
- Jeringa de 4g de resina compuesta microhíbrida Filtek Z250® 3M-ESPE, USA
- Jeringa de 4g de resina compuesta microhíbrida TPH Spectrum Dentsply
- Jeringa de 4g de resina compuesta nanohíbrida TPH<sup>3</sup> Dentsply
- Espátula metálica para resina
- Guantes de látex para examen
- Molde metálico cilíndrico de 4mm de diámetro por 8mm de altura. (Ver anexo N°1)

### **4.4.5 INFRAESTRUCTURA**

Ambientes

La medición de la resistencia compresiva se realizó en el laboratorio N° 4 de la Facultad de Mecánica de la Universidad Nacional de Ingeniería

## **4.5 METODOS**

### **4.5.1 PROCEDIMIENTOS Y TECNICAS**

#### **4.5.1.1 OBTENCION DE PERMISOS**

Se gestionó los permisos necesarios a la Facultad de Mecánica de la Universidad Nacional de Ingeniería a cargo del ingeniero Sebastián Lazo Ochoa, a través del decanato de la facultad, que nos permita realizar la calibración de las muestras a costo reducido.

#### **4.5.1.2 CONFECCION DE LAS MUESTRAS DE RESINA COMPUESTA**

Para la confección de las muestras se utilizó un molde metálico, elaborado en el laboratorio N° 4 de la facultad de mecánica por el técnico Julian Cadenillas Baltacar, con un torno a partir de un cilindro metálico de bronce, haciendo la perforación en el centro con un taladro de 4mm de diámetro y 8mm de altura. (Ver Imagen N° 16) Siendo el diámetro medido por un microscopio y la altura por un calibrador digital marca Mituyo. (Ver Imagen N° 17 y 18)

Las resinas fueron insertadas en el molde, en incrementos, utilizando una espátula para resina Hu-friedy, siendo atacados por esta cada 2 mm para evitar burbujas, después de cada incremento, este fue polimerizado con el aparato de luz halógena Litex 640 A de intensidad de luz 420Mw/cm<sup>2</sup>, por el tiempo recomendado por el propio fabricante de 20 segundos. (Ver Imagen N° 19) Para después pasar a un segundo y tercer incremento de 2 mm con su respectivo fotocurado. (Ver Imagen N° 20) Para dejar plano y uniforme el último incremento de resina se colocó una tira de cinta celuloide seguida de una lámina de vidrio, después de removidas la carga y lamina de vidrio se procedió a esta última fotopolimerización. (Ver Imagen N° 21), luego de esto la muestra fue removida obteniendo nuestra muestra cilíndrica de resina de 4 mm de diámetro por 8 mm de altura. (Ver Imagen N° 22). Repitiendo el procedimiento hasta obtener las 60 muestras. Que después fueron almacenados en agua destilada (37 +/- 1)°C durante 24 horas, finalmente se le colocó a cada grupo un código numérico de acuerdo a cada material, repitiéndose este procedimiento por igual en las 2 resinas microhíbridas y las 2 nanohíbridas, teniendo un total de 60 muestras (15 por cada una). (Ver Imagen N° 23)

El ensayo de compresión o medición de la resistencia compresiva, se realizó en el laboratorio N° 4 de la facultad de mecánica de la Universidad Nacional de Ingeniería, siendo aplicado el ensayo de cada muestra por el técnico Julian Cadenillas Baltacar, supervisado por el Ingeniero Sebastian Lazo, utilizando la maquina universal de ensayos marca AMSLER, de capacidad de 500kg, aplicando una carga que se ejerció sobre el centro del diámetro justo hasta el punto de fractura con una velocidad de desplazamiento fijo de 1,5mm/min hasta el momento de la fractura de las muestras. (Ver Imagen N° 24 y 25), cada resultado fue registrado en la ficha de recolección de datos por el tesista. (Ver anexo N° 5 y 6). (11)

#### **4.5.1.3 MEDIDA DE LA RESISTENCIA COMPRESIVA**

Este test de resistencia a la compresión se realizó en base a las metodologías de Brosch y del SENA, que nos dice que para medir la resistencia compresiva de un cuerpo se debe elaborar muestras cilíndricas de este, con un diámetro que es la mitad de la altura del mismo. (51) La resistencia compresiva se obtuvo dividiendo la fuerza que se requirió para fracturar el material entre por el área transversal del cuerpo de prueba. (24)

Esta se realizó mediante la siguiente expresión:

$$R= P/A$$

Dónde:

**R**= Resistencia compresiva, en Kg/mm<sup>2</sup>

**P**= Carga máxima soportada por el espécimen, en Kg

**A**= Área de la sección transversal de la probeta, en mm<sup>2</sup>

Para obtener el área de la sección transversal se utilizó la fórmula:

$$A= \pi x r^2= 3.1416 x r^2$$

Ya que los resultados fueron obtenidos en Kg/mm<sup>2</sup>, debemos convertir kg/mm<sup>2</sup> en Megapascals por lo que se multiplica cada resultado por un valor preestablecido (9.80665). (52)

#### **4.5.2 PROCESAMIENTO DE DATOS Y ANALISIS DE RESULTADOS**

Luego de haber realizado el test compresivo, los datos recogidos fueron registrados en sus respectivas fichas de recolección de datos (Ver anexo N° 7 y 8)

Se realizó un procesamiento electrónico de los datos empleando para ello el paquete estadístico SPSS versión 15 siendo procesados los datos mediante la utilización de una computadora (Laptop toshiba Pavillon 14.1□ Intel Core 2 Duo T64 Dv5, con un sistema operativo Windows 7)

Primero se organizaron los datos en tablas y gráficas, usando estadística descriptiva, hallando frecuencias, promedios, desviaciones estándar, valores máximos y valores mínimos

Para el análisis inferencial, primero se empleó la prueba de Shapiro-Wilk para determinar la distribución normal de los datos de cada grupo y la prueba de Levene para la determinación de la homocedasticidad entre los grupos de estudio.

Para comparar la resistencia compresiva entre los grupos de resina microhíbrida y entre los de resina de nanohíbrida se aplicaron las pruebas de U de Mann-Whitney y t de Student (sin asumir varianzas iguales) respectivamente.

Para comparar la resistencia compresiva entre la resina microhíbrida TPH Spectrum con las resinas nanohíbridadas se aplicó la prueba t de Student (asumiéndose variables iguales) y para comparar la resina microhíbrida Filtek Z250 con las resinas nanohíbridadas se aplicó la prueba U de Mann-Whitney. Todas las pruebas fueron trabajadas a un nivel de confianza de 95%.

.

## V.- RESULTADOS

Luego de haber realizado las pruebas de resistencia compresiva, los datos fueron registrados en 4 grupos de resinas compuestas, siendo el primer grupo de microhíbrida Filtek Z250, el segundo de microhíbrida TPH SPECTRUM, el tercero nanohíbrida Z250 XT y por último la nanohíbrida TPH<sup>3</sup>, en sus respectivas fichas de recolección de datos (ver anexo N° 7 y 8), luego se realizará un procesamiento electrónico de los datos empleando para ello el paquete estadístico SPSS versión 15, se le realizó la prueba de Shapiro Wilk para obtener la distribución en cada grupo, obteniéndose distribución normal en los grupos de microhíbrida TPH SPECTRUM, nanohíbrida Z250 XT y nanohíbrida TPH<sup>3</sup>, mientras que en la Z250 no se encontró distribución normal, para determinar la homocedasticidad entre cada grupo de estudio se utilizó la prueba de Levene.

**TABLA N° 1.** Distribución de la Resistencia Compresiva en Megapascals (MPa) de los 4 grupos de trabajo.

Grupo	N	Media	Mínimo	Máximo	DE*	Mediana	RI†
<b>1. Microhíbrida Filtek Z250</b>	15	242,5	209,1	307,5	22,0	237,2	26,7
<b>2. Microhíbrida TPH Spectrum</b>	15	259,7	232,6	281,7	14,0	261,4	13,3
<b>3. Nanohíbrida Filtek Z250 XT</b>	15	230,5	196,7	260,64	20,2	231,1	32,0
<b>4. Nanohíbrida TPH<sup>3</sup></b>	15	242,4	224,8	259,1	10,6	241,9	15,7

\* DE = Desviación estándar

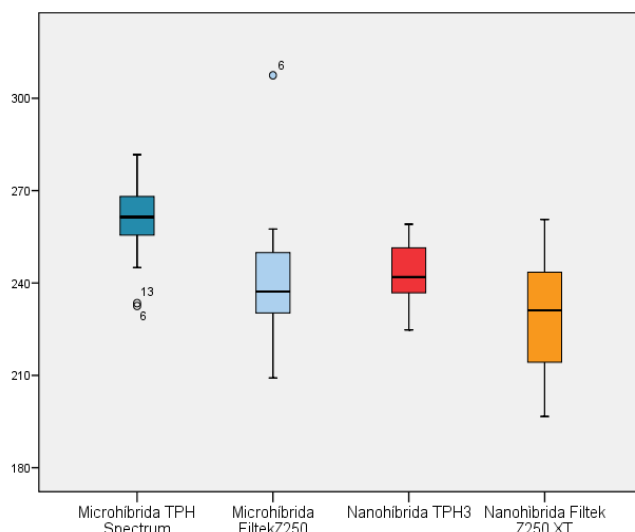
† RI = Rango intercuartílico

Debido a que en los grupos de microhíbrida TPH SPECTRUM, nanohíbrida Z250 XT y nanohíbrida TPH<sup>3</sup> presentaron distribución normal, para obtener la



desviación estándar se trabajó con la media, mientras que en el caso del grupo de microhíbrida Z250 al no tener distribución normal ya no se utilizó la desviación estándar sino el rango intercuartílico y para obtener este se utilizó la mediana.

**GRAFICO N° 1.** Gráfico de Caja con los 4 grupos de resinas compuestas.



Tenemos los 4 grupos de resinas compuestas, en el grupo de las nanohíbridas TPH<sup>3</sup> y Z250 XT no encontramos valores atípicos mientras que en las microhíbridas TPH SPECTRUM y Z250 se encontró valores atípicos, si se comparan las medianas que corresponden al rango intercuartil de cada grupo se obtiene que el de la resina microhíbrida TPH SPECTRUM es superior a los 3 grupos restantes, mientras que estos tres grupos tienen valores aproximados del rango intercuartil.

Si mencionamos los valores máximos y mínimos de los 4 grupos de resinas compuestas, tenemos que el rango más corto lo tiene la nanohíbrida TPH<sup>3</sup>, seguida de la microhíbrida TPH SPECTRUM, en tercer lugar tenemos la microhíbrida Z250 XT y por último la nanohíbrida Z250.

**TABLA N° 2.** Comparación de la resistencia compresiva entre resinas microhíbridas TPH SPECTRUM y Filtek Z250

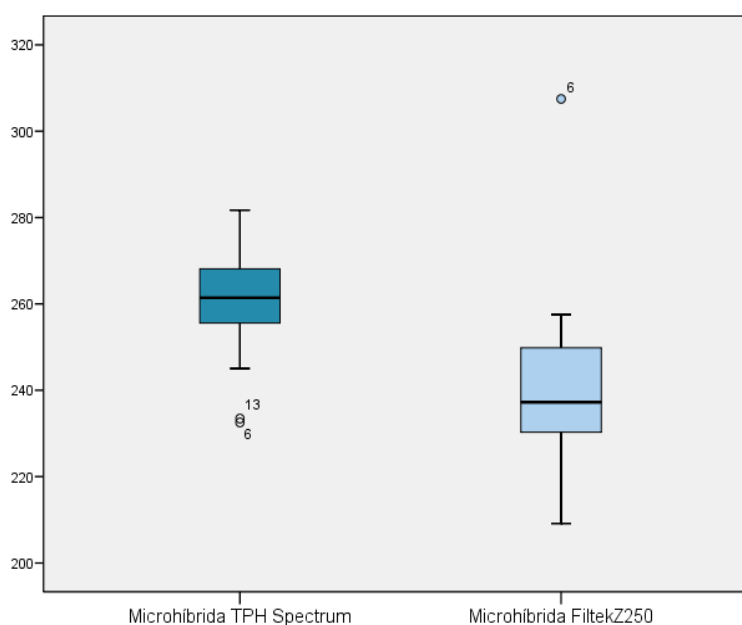
Grupo	N	Media	Rango		Valor p*
			Promedio	U	
<b>Microhíbrida TPH Spectrum</b>	15	259,7	20,2	42	0,003
<b>Microhíbrida Filtek Z250</b>	15	242,5	10,8		

\* Prueba U de Mann-Whitney

\* Valor de media en Megapascal (MPa)

Siendo el total de 60 muestras de resina, microhíbridas (n=30) y nanohíbridas (n=30), se comparó la resistencia compresiva en el grupo de resinas nanohíbridas, TPH SPECTRUM (n=15) y Filtek Z250 (n=15), para comparar la resistencia compresiva de estas 2 resinas microhíbridas se utilizó la prueba U de Mann-Whitney debido a que el grupo de microhíbrida Z250 no presento distribución normal, al realizar esta prueba se encontró una diferencia significativa entre estos 2 grupos ( $p < 0.05$ ), por lo cual la resina microhíbrida TPH SPECTRUM presento una resistencia compresiva mayor a la microhíbrida Z250.

**GRAFICO N° 2.** Gráfico de Caja con el grupo de resinas microhíbridas TPH SPECTRUM y Z250



La resina microhíbrida TPH SPECTRUM presento un rango intercuartilico (mediana) de 261.4 MPa superior a la microhíbrida Z250 (237.2 MPa), mientras que los rangos entre máximos y minimos de cada grupo fue amplio en el grupo de microhíbrida Z250, de 209.1 a 307.5 MPa, a diferencia de la microhíbrida TPH SPECTRUM, de 232.6 a 281.7 MPa, los 2 grupos presentaron resultados fuera del rango, es decir atípicos

**TABLA N° 3.** Comparación de la resistencia compresiva entre resinas nanohíbridas TPH<sup>3</sup> y Filtek Z250 XT

Grupo	N	Media	T	Valor p*
<b>Nanohíbrida TPH<sup>3</sup></b>	15	242,4	2,014	0,057
<b>Nanohíbrida Filtek Z250 XT</b>	15	230,5		

\* Prueba t de Student

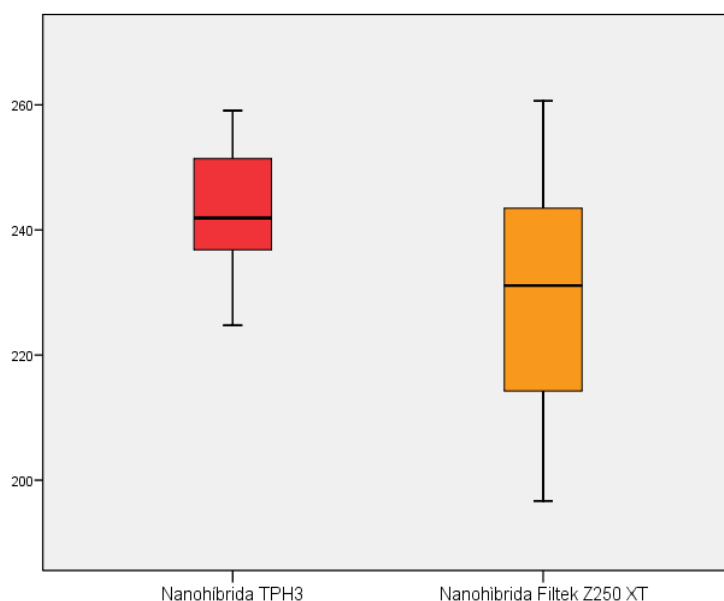
\* Valor de media en Megapascal (MPa)

No se asumieron varianzas iguales

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas

Siendo el total de 60 muestras de resina, microhíbridadas (n=30) y nanohíbridadas (n=30), se comparó la resistencia compresiva en el grupo de resinas nanohíbridadas, TPH<sup>3</sup> (n=15) y Filtek Z250 XT (n=15), para comparar la resistencia compresiva de estas 2 resinas nanonhibridadas se utilizó la prueba estadística T de Student debido a que estos 2 grupos presentaron distribución normal, al comparar la resistencia compresiva no se encontró diferencia estadística significativa entre estos 2 grupos ( $p > 0.05$ ), por lo cual las resinas nanohíbridadas TPH<sup>3</sup> y la Z250 XT no mostraron diferencias en su valor de compresión.

**GRAFICO N° 3.** Gráfico de Caja con el grupo de resinas nanohíbridas TPH<sup>3</sup> y Z250 XT



La resina nanohíbrida TPH<sup>3</sup> presentó un rango intercuartílico (mediana) de 241.9 Mpa superior a la nanohíbrida Z250 (231.1 MPa), mientras que los rangos entre máximos y mínimos de cada grupo fue amplio en el grupo de nanohíbrida Z250 XT, de 196.7 a 260.64 MPa, a diferencia de la nanohíbrida TPH<sup>3</sup>, de 224.8 a 259.1 MPa, los 2 grupos no presentaron resultados fuera del rango, es decir atípicos.

**TABLA N° 4.** Comparación de la resistencia compresiva entre la resina microhíbrida TPH SPECTRUM y las nanohíbridas TPH<sup>3</sup> y Z250 XT

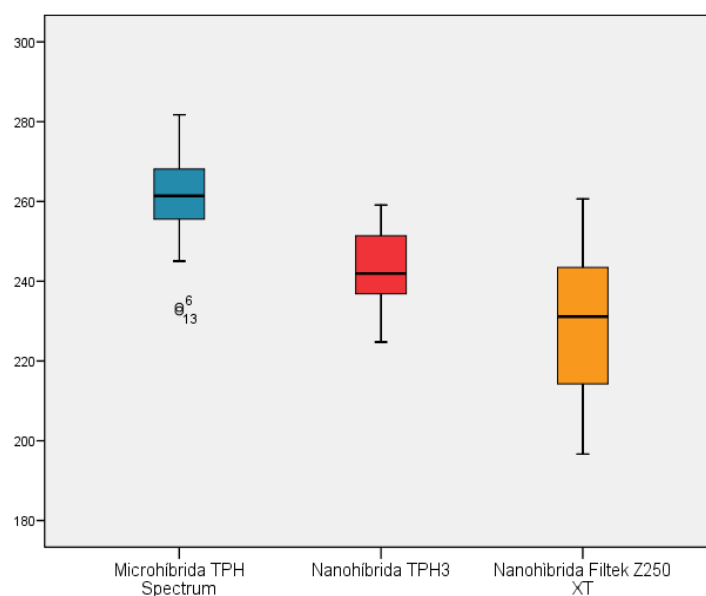
Grupos			Diferencia de media (I-J)	T	Valor p*
Microhíbrida (I)	Nanohíbridas (J)	N			
<b>Microhíbrida TPH Spectrum</b>	Nanohíbrida TPH <sup>3</sup>	15	17,3	3,818	0,001
	Nanohíbrida Filtek Z250 XT	15	29,2	4,597	<0,001

\* Prueba t de Student

\* Valor de media en Megapascal (MPa)

Siendo el total de 60 muestras de resina, microhíbridas (n=30) y nanohíbridas (n=30), se comparó la resistencia compresiva de la resina microhíbrida TPH SPECTRUM (n=15) con las resinas nanohíbridas TPH<sup>3</sup> (n=15) y Filtek Z250 XT (n=15), para comparar la resistencia compresiva de la resina microhíbrida TPH SPECTRUM con las nanohíbridas TPH<sup>3</sup> y Z250 XT se utilizó la prueba estadística T de Student debido a que estos 3 grupos presentaron distribución normal, al comparar por separado el grupo de resina microhíbrida TPH SPECTRUM con la nanohíbrida TPH<sup>3</sup> y por otro lado con la Z250 XT se obtuvo diferencias estadísticamente significativa con las 2 ( $p < 0.05$ ) observándose que al comparar la resistencia compresiva promedio la resina microhíbrida TPH SPECTRUM fue mayor a las nanohíbridas TPH<sup>3</sup> y la Z250 XT.

**GRAFICO N° 4.** Gráfico de Caja con el grupo de resina microhíbrida TPH SPECTRUM, con el grupo de nanohíbridas TPH<sup>3</sup> y Z250 XT.



La resina microhíbrida TPH SPECTRUM presento un rango intercuartílico (mediana) de 261.4 MPa superior a las nanohíbridas TPH<sup>3</sup> (241.9 MPa) y esta a su vez superior que la de la Z250 XT (231.1 MPa), mientras que los rangos entre máximos y mínimos de cada grupo fue amplio en el grupo de nanohíbrida Z250 XT, de 196.7 a 260.64 MPa, seguido del grupo de microhíbrida TPH SPECTRUM, de 232.6 a 281.7 MPa y por último el que presento menos rango fue el grupo de la nanohíbrida TPH<sup>3</sup>, de 224.8 a 259.1 MPa. Además de que el

único grupo que presento resultados fuera del rango, es decir atípicos fue el de la microhíbrida TPH SPECTRUM.

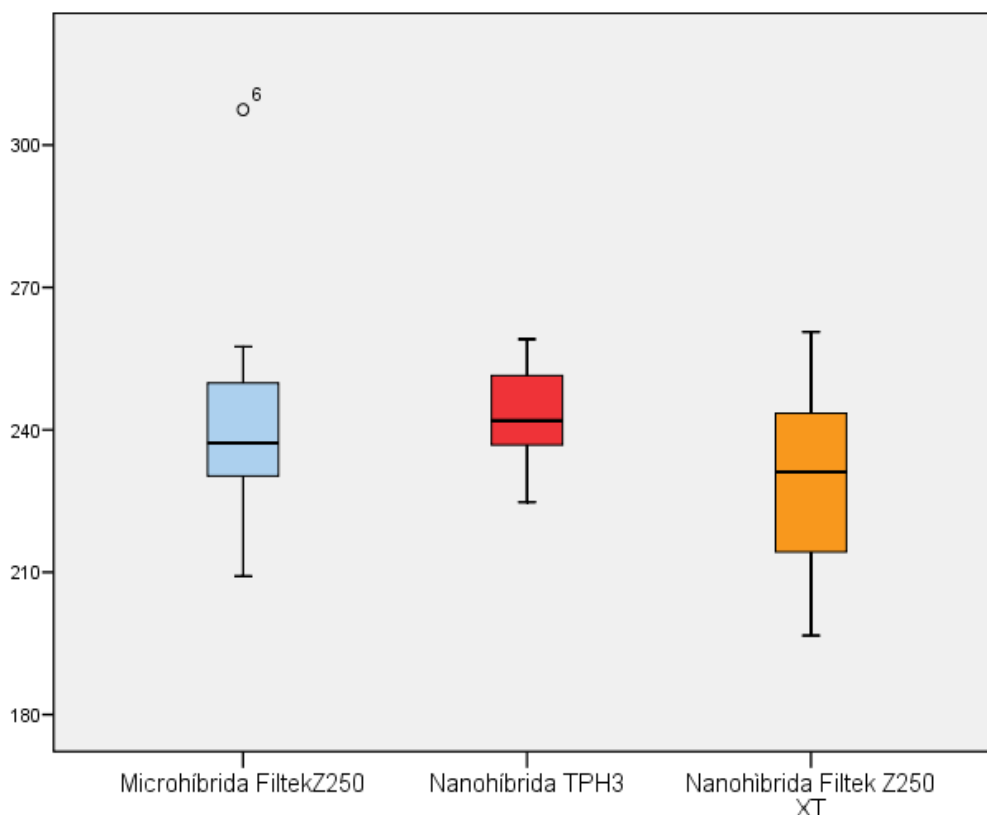
**TABLA N° 5.** Comparación de la resistencia compresiva entre la resina microhíbrida Filtek Z250 y las nanohíbridas TPH<sup>3</sup> y Z250 XT

Grupos			Diferencia	Rango		
Microhíbrida (I)	Nanohíbridas (J)	n	de media (I-J)	promedio (I-J)	U	Valor p*
<b>Microhíbrida Filtek Z250</b>	Nanohíbrida TPH <sup>3</sup>	15	0,1	14,83 - 16,17	102,5	0,678
	Nanohíbrida Filtek Z250 XT	15	12	17,37 - 13,63	84,5	0,245

\* Prueba U de Mann-Whitney

Siendo el total de 60 muestras de resina, microhíbridadas (n=30) y nanohíbridadas (n=30), se comparó la resistencia compresiva de la resina microhíbrida TPH SPECTRUM (n=15) con las resinas nanohíbridadas TPH3 (n=15) y Filtek Z250 XT (n=15), para comparar la resistencia compresiva de la resina microhíbrida Z250 con las nanohíbridadas TPH<sup>3</sup> y Z250 XT se utilizó la prueba estadística U de Mann-Whitney debido a que el grupo de microhíbrida Z250 no presento distribución normal, al comparar por separado el grupo de resina microhíbrida Z250 con la nanohíbrida TPH3 y por otro lado con la Z250 XT no se obtuvo diferencias estadísticamente significativa con las 2 ( $p>0.05$ ) observándose que al comparar la resistencia compresiva promedio la resina microhíbrida Z250 no hay diferencias al compararla con las nanohíbridadas TPH3 y la Z250 XT.

**GRAFICO N° 5.** Gráfico de Caja con el grupo de resina microhíbrida TPH SPECTRUM, con el grupo de nanohíbridas TPH3 y Z250 XT.



La resina microhíbrida Z250 presento un rango intercuartilico (mediana) de 237.2 Mpa inferior al grupo de resina nanohíbrida TPH3 (241.9 MPa) y superior al de la Z250 XT (231.1 MPa), mientras que los rangos entre máximos y minimos de cada grupo fue amplio en el grupo de microhíbrida Z250, de 209.1 a 307.5 MPa, seguido de la nanohíbrida Z250 XT, de 196.7 a 260.64 MPa, por último el del grupo de nanohíbrida TPH3, de 224.8 a 259.1 MPa, que presento menos rango. Además de que el único grupo que presento resultados fuera del rango, es decir atípicos fue el de la microhíbrida Z250

## VI.- DISCUSION

La resistencia a las diferentes fuerzas a las que puede ser sometido un material en la cavidad oral es un criterio importante que se debe tener en cuenta para evaluar la calidad del material que se piensa emplear en restauraciones dentales en el sector posterior. También existen otros parámetros no menos importantes como la adhesión, los cambios dimensionales y la estética. (77)

En la presente investigación se trata solo la resistencia compresiva siendo esta una propiedad mecánica importante, teniendo en cuenta que las zonas de choque masticatorio tienen un valor mínimo de 179 MPa. (78)

En el trabajo de investigación se plantea el siguiente problema ¿Existe diferencias en la resistencia compresiva, entre resinas compuestas microhíbridas y nanohíbridas?, para responder a esta interrogante lo primero sería determinar la resistencia compresiva de los 4 grupos de resinas compuestas evaluadas en la presente, teniendo una resistencia compresiva promedio en el grupo de las microhíbridas, TPH SPECTRUM de 259.7 MPa y en la Z250 de 237.2 MPa mientras que en las resinas nanohíbridas, tenemos un promedio de 242.4 MPa para la TPH<sup>3</sup> y 230.5 MPa en la Z250 XT. (Ver tabla N° 1) Si bien los valores de estos cuatro grupos de resinas fueron parecidos, en relación a los valores dados por el fabricante fueron muy inferiores, ya que por su parte 3M nos da una resistencia compresiva promedio para la microhíbrida Z250 de 400 MPa (76) y para la nanohíbrida Z250 XT un valor de 385 MPa (75), mientras que Dentsply nos da un valor de resistencia compresiva promedio de 400 MPa para la microhíbrida TPH SPECTRUM (74), y 375 MPa para la nanohíbrida TPH<sup>3</sup> (42), esto podría explicar por las diferencias metodológicas o experimentales realizados por cada marca comercial, aunque el procedimiento de elaboración de las muestras de cada grupo fue realizado tal y como lo explica las marcas comerciales antes mencionadas por ejemplo 3M en la descripción del producto menciona que: *“para medir la resistencia compresiva se hacen cilindros con el material y se aplican fuerzas simultáneas en los extremos opuestos de la misma”* (76) que fue similar a lo encontrado por Goncalves en Brasil el año 2006, que evaluó la resistencia compresiva de la resinaOrmocer de Vocco, sometida a polimerización adicional encontrando un valor promedio de compresión de 115 MPa, a pesar que en la descripción del producto menciona una resistencia compresiva de 410 MPa.



Si describimos en un gráfico a los 4 grupos de resinas compuestas, si se comparan las medianas que corresponden al rango intercuartil de cada grupo se obtiene que el de la resina microhíbrida TPH SPECTRUM es superior a los 3 grupos restantes, teniendo estos valores aproximados de mediana o rango intercuartil, mientras que los valores máximos y mínimos de los 4 grupos de resinas compuestas, tenemos que el rango más corto lo tiene la nanohíbrida TPH<sup>3</sup>, de 224.8 a 259.1 MPa, seguida de la microhíbrida TPH SPECTRUM, con un rango de 232.6 a 281.7 MPa, en tercer lugar tenemos la nanohíbrida Z250 XT con 196.7 a 260.64 MPa, por último a la microhíbrida Z250, de 209.1 a 307.5 MPa, no se encontraron valores atípicos en el grupo de las nanohíbridas TPH<sup>3</sup> y Z250 XT, mientras que en las microhíbridas TPH SPECTRUM y Z250 se encontró valores atípicos, en sus respectivos rangos. (Ver Gráfico N° 1)

Al comparar las resinas microhíbridas entre grupos encontramos diferencia estadísticamente significativa entre la resistencia compresiva de la resina TPH SPECTRUM y Filtek Z250 ( $p < 0.05$ ). (Ver tabla N° 2) Y un rango de máximos y mínimos de cada grupo, el más amplio lo tuvo el de la microhíbrida Z250, de 209.1 a 307.5 MPa, a diferencia de la microhíbrida TPH SPECTRUM, de 232.6 a 281.7 MPa, además que los 2 grupos presentaron resultados fuera del rango, es decir atípicos. (Ver Gráfico N° 2) Concluyendo entonces que lo que la resistencia compresiva promedio de la resina TPH SPECTRUM fue mayor que la Z250, esto debido a que las propiedades mecánicas de una resina compuesta dependen en alto grado de la concentración y tamaño de las partículas de relleno, teniendo que partículas de tamaño grande tienen mejores propiedades mecánicas, entre ellas la resistencia compresiva (79), entonces tenemos en el caso del grupo de la resina TPH SPECTRUM un tamaño de partículas de 1.5 micrones, mientras que el tamaño de la resina microhíbrida Z250 tiene 0.6 micrones viéndose reflejado en lo anteriormente mencionado, estos resultados fueron similares a lo investigado por Arce en el año 2005, que comparó la resistencia compresiva de dos resinas microhíbridas, por un lado Esthet-X de Dentsply, con un promedio de 261.6 MPa, y por otro de Miris de Coltene, con un promedio de 221.6 MPa, concluyendo al compararlas que si existe diferencia significativa, demostrando que la microhíbrida Esthet-x fue superior a la microhíbrida Miris. (10) Mientras que estos resultados no tuvieron concordancia con la investigación realizada por

Baldion en Colombia el año 2010, comparando 3 resinas microhíbridas de 3M, primero la microhíbrida Z250 con un valor promedio de compresión 117.8 MPa, microhíbrida P60 con un valor promedio de compresión de 56.9 MPa y por último la microhíbrida P90 con un valor promedio de compresión de 171.2 MPa, no encontrando diferencias significativas en sus valores de compresión, poniendo énfasis en que el valor de resistencia compresiva en este estudio de la Z250 fue muy inferior al presentado en esta tesis (237.2 MPa), esto debido a la cantidad de muestras que se utilizó para el test de compresión ( $n=10$ ) y el diferente tamaño de las muestras, de 5 mm de diámetro por 8mm de altura, cuando las normas dicen que debe ser la altura el doble de la base del cilindro, diferente a nuestra muestra por grupo ( $n=15$ ), y las muestras de resinas fueron de 4mm de diámetro por 8 mm de altura cumpliéndose la norma antes mencionada. (6)

Al comparar las resinas nanohíbridas, entre grupos no se encontró diferencia significativa entre la resistencia compresiva de la resina TPH<sup>3</sup> y Filtek Z250 XT ( $p>0.05$ ). (Ver tabla N° 3) Y un rango de máximos y mínimos de cada grupo, el más amplio lo tuvo el de la nanohíbrida Z250 XT, de 196.7 a 260.64 MPa, a diferencia de la nanohíbrida TPH<sup>3</sup>, de 224.8 a 259.1 MPa, además que los 2 grupos no presentaron resultados fuera del rango, es decir atípicos. (Ver Gráfico N° 3), esto debido a lo anteriormente mencionado, es decir al tamaño de partículas, la nanohíbrida TPH<sup>3</sup> tiene un tamaño de partículas de 1 micra y la nanohíbrida Z250 XT tiene un tamaño de 3 micras, si bien los valores son diferentes se podría decir que debería haber diferencias en sus valores de compresión, pero no hay diferencias por el motivo que muchas de estas partículas son retiradas para ser reemplazadas por partículas de relleno de tamaño nanométrico de 10 a 20 nm en TPH<sup>3</sup> y 20nm en la nanohíbrida Z250 XT, siendo este relleno con las partículas nanométricas el que le da el nombre de nanohíbridas a este tipo de resinas, este relleno con partículas nanométricas sería el responsable de la similitud de resistencia compresiva entre estas dos resinas nanohíbridas a pesar de tener tamaño de partículas en micrones diferentes.

Se encontró diferencia estadística significativa entre la resina microhíbrida TPH SPECTRUM y las nanohíbridas TPH3 y filtek Z250 XT ( $p<0.05$ ). (Ver tabla N° 4) Mientras que los rangos entre máximos y mínimos de cada grupo fue amplio en el grupo de nanohíbrida Z250 XT, de 196.7 a 260.64 MPa, seguido del grupo de

microhíbrida TPH SPECTRUM, de 232.6 a 281.7 MPa y por último el que presento menos rango fue el grupo de la nanohíbrida TPH<sup>3</sup>, de 224.8 a 259.1 MPa. Además de que el único grupo que presento resultados fuera del rango, es decir atípicos fue el de la microhíbrida TPH SPECTRUM. (Ver Gráfico N° 4) Concluyendo que al comparar la resistencia compresiva promedio de la resina microhíbrida TPH SPECTRUM fue superior a las nanohíbridas TPH<sup>3</sup> y la Z250 XT, se mencionó que la resistencia compresiva de una resina está dada por el tamaño de las partículas de relleno, entonces tenemos que la resina microhíbrida TPH SPECTRUM tiene un tamaño de partículas de 1.5 micras, superior al tamaño de la resina nanohíbrida TPH<sup>3</sup> (1 micra) e inferior a la de la Z250 XT (3 micras), la resina microhíbrida TPH SPECTRUM es superior ya que en su relleno no tiene partículas nanométricas como si tienen las 2 resinas nanohíbridas que hace que al tener partículas de relleno grande, mejor resistencia a la compresión, estos resultados son similares al de realizado por Veranes en Cuba el año 2005 al comparar la resina microhíbrida Venus Heraus de Kulzer (280 MPa) con dos resinas compuestas experimentales que en su composición fue incluido un nuevo relleno de 0.05 micras pero en un 20 a 25%, siendo un porcentaje muy bajo por lo cual obtuvo una resistencia compresiva estadísticamente superior por la microhíbrida a las nuevas resinas fotocurables experimentales.

No se obtuvo diferencia estadísticamente significativa entre la microhíbrida filtek Z250 con las resinas nanohíbridas TPH<sup>3</sup> y Filtek Z250 XT ( $p>0.05$ ). (Ver tabla N° 5) Mientras que los rangos entre máximos y mínimos de cada grupo fue amplio en el grupo de microhíbrida Z250, de 209.1 a 307.5 MPa, seguido de la nanohíbrida Z250 XT, de 196.7 a 260.64 MPa, por último el del grupo de nanohíbrida TPH<sup>3</sup>, de 224.8 a 259.1 MPa, que presento menos rango. Además de que el único grupo que presento resultados fuera del rango, es decir fue el de la microhíbrida Z250. (Ver Gráfico N° 5) Concluyendo que al comparar la resistencia compresiva promedio entre la microhíbrida Z250 tuvo valores similares al de las nanohíbridas TPH<sup>3</sup> y Filtek Z250 XT, si analizamos la resina microhíbrida Z250 XT tenemos un tamaño de 0.6 micras de partículas de relleno, muy inferior al tamaño que presenta el grupo de nanohíbrida Z250 XT (3 micras), y similar a la nanohíbrida TPH<sup>3</sup> (1 micra), por lo cual no hubo mayores diferencias en los valores de compresión. Este resultado es similar al que obtuvo

Ribeiro en Venezuela el año 2006, que comparo 1 resina microhíbrida Charisma con una resistencia compresiva promedio de 329.3 MPa, 1 resina nanohíbrida Tetric N Ceram con una resistencia compresiva de 231.1 MPa y por ultimo una resina de nanorrelleno Filtek Supreme, con una resistencia compresiva 297.5, no encontrando diferencias significativas en sus valores. (8)

Aunque no se menciona en la presente investigación las propiedades ópticas están determinadas en su mayoría por la matriz orgánica y otra parte al tamaño de partículas, por esta razón no es del todo malo tener partículas nanométricas ya que estas mejoran estas propiedades ópticas. (79)

	ARCE	VERANES	GONCALVES	RIBEIRO	BALDIÓN	HUAYHUA
<b>MUESTRA</b> <b>(n)</b>	Resistencia Compresiva de resinas compuestas  (10)	Resistencia Compresiva de resinas compuestas  (30)	Resistencia compresiva de resinas compuestas  (36)	Resistencia Compresiva de resinas compuestas  (30)	Resistencia Compresiva de resinas compuestas  (30)	Resistencia Compresiva de resina compuesta  (60)
<b>TIPO</b>	Microhíbridas	Microhíbridas y microhíbridas experimentales	Microhíbrida	Microhíbrida, nanohíbrida y de nanorrelleno	Microhíbrid as	Microhíbridas y nanohíbridas
<b>PAÍS</b> <b>(AÑO)</b>	COLOMBIA  (2005)	CUBA  (2005)	BRASIL  (2006)	VENEZUELA  (2006)	COLOMBIA  (2010)	PERÚ  (2013)
<b>TIPO</b> <b>DE</b> <b>ESTUDIO</b>	COMPARATIVO ANALITICO TRANSVERSAL	EXPERIMENTAL TRANSVERSAL	COMPARATIVO ANALITICO TRANSVERSAL	EXPERIMENTAL TRANSVERSAL	COMPARATIVO ANALITICO TRANSVERSAL	COMPARATIVO ANALITICO TRANSVERSAL
<b>RELACIÓN</b> <b>ENTRE</b> <b>VARIABLES</b>	HAY  DIFERENCIA SIGNIFICATIVA	HAY  DIFERENCIA SIGNIFICATIVA	DESCRIPTIVO	NO HAY DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LOS TRES GRUPOS DE RESINAS	NO HAY DIFERENCIA SIGNIFICATIVA	HAY  DIFERENCIA SIGNIFICATIVA SOLO ENTRE LA RESINA MICROHÍBRIDA TPH SPECTRUM Y LAS DEMAS

**TABLA N° 6.** Comparación de resultados con otros autores

## **VII.- CONCLUSIONES**

1. La resistencia compresiva promedio de la resina microhíbrida TPH SPECTRUM es 259.7 MPa y la de la microhíbrida Z250 es 237.2 MPa.
2. La resistencia compresiva promedio de la resina nanohíbrida TPH<sup>3</sup> es 242.4 MPa y la de la microhíbrida Z250 XT es 230.5 MPa.
3. La resistencia compresiva promedio de la resina microhíbrida TPH SPECTRUM fue mayor, estadísticamente significativa, que la de la microhíbrida Z250
4. La resistencia compresiva promedio de la resina microhíbrida TPH SPECTRUM fue mayor, estadísticamente significativa, que la de las nanohíbridas TPH<sup>3</sup> y Z250 XT.
5. La resistencia compresiva promedio de la resina nanohíbrida TPH<sup>3</sup> fue similar, estadísticamente significativa, que la de la nanohíbrida Z250 XT.
6. La resistencia compresiva promedio de la resina microhíbrida Z250 fue similar, estadísticamente significativa, que la de las nanohíbridas TPH<sup>3</sup> y Z250 XT.

## **VIII.- RECOMENDACIONES**

Debido a que propiedades como la resistencia compresiva está dada por el tamaño de las partículas de relleno, es decir a mayor tamaño de partículas mejor propiedades mecánicas, por lo tanto mejor resistencia compresiva, es recomendable utilizar resinas compuestas microhíbridas para el sector posterior, ya que esta propiedad es de mayor utilidad en esta zona, mientras que las nanohíbridas serian de mejor utilidad en el sector anterior, debido que en esta zona no hay mucha carga masticatoria.

Debido a la diversidad de tipo de resinas compuestas y gran variedad de marcas comerciales, se recomienda antes de su uso, un respaldo de sus propiedades mecánicas en los diversos trabajos de investigación, debido a que se encontró en los 4 grupos de resinas compuestas valores de resistencia compresiva muy inferior a las presentadas por los fabricantes.

Diferenciar el termino, resinas nanonohíbridas con resinas de nanorrelleno ya que a pesar de ser términos parecidos son materiales completamente diferentes, debido a que las resinas nanohíbridas son resinas microhíbridas con partículas de relleno nanométricas, mientras que las resinas de nanorrelleno son partículas de relleno nanométricas no dispersas sino unidas a manera de racimo que en su conjunto forman el nanocluster, requisito importante para que la resina sea considerada de nanorrelleno, además de esto la resina nanohíbrida tiene varios nombres en el mercado que llevan a esta confusión como resina nanotecnológica y nanoresina.

Este estudio trata solo 2 grupos de resinas compuestas, se recomienda ampliar a otros grupos como resinas híbridas o de nanorrelleno, así como a otras marcas comerciales.

Realizar más estudios no solo comparando esta propiedad sino las otras como resistencia a la flexión, microdureza, tensión diametral entre otras.

En la presente investigación se utilizó el sistema de polimerización de luz halógena, debido a las indicaciones del fabricante, por lo cual no se toma en

cuenta la polimerización de las resinas compuestas microhíbridas y nanohíbridas con otro sistema de polimerización como el sistema LED, por lo que también sería adecuado investigar los valores de resistencia compresiva u otras propiedades mecánicas con otros sistemas de polimerización.



## IX.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Sturdevant CM. Et Al. Arte y Ciencia de la Operatoria Dental. Editorial Panamericana, 2da edición, Buenos Aires, 1987; 4(10): 347- 358
2. Lutri MS. Et Al. Análisis termogravimétrico de la fase inorgánica de sistemas resinosos y compómeros. Rev. Odontociencia 1999; 14(28): 71-77
3. Font Buxó J. Alternativa a la amalgama. Boletín informativo de materiales de restauración 3M Dental 1996; 1(1): 3-4
4. Grandini R, Giachetti I, Bertini F. Resultados clínicos a corto plazo de un restaurador directo para posteriores. Signature Internacional 1998; 3 (2): 1-3
5. Zatum ID. Estudio comparativo de la resistencia compresiva materiales cerómeros versus otros materiales. Tesis para obtener el título de cirujano dentista, Universidad de Granada, España 2003
6. Baldión EP, Vaca D, Alvarez SC, Agaton MD. Estudio comparativo de las propiedades mecánicas de diversas resinas compuestas. Rev. Colombiana de Investigación en Odontología 2010; 1 (3): 45-50.
7. Molero F, Bazán R. Resistencia a la compresión de espigo muñones elaborados con dos tipos de materiales plásticos. Kiru 2010; 7 (2): 1-5.
8. Ribeiro MM. Et Al. Influencia de las unidades de curado LED y LUZ halógena sobre la resistencia compresiva de las resinas compuestas. Acta Odontológica Venezolana 2007; 45 (2): 1-5.
9. Ruiz JM. Et Al. Resistencia a la flexión y el módulo de elasticidad de cinco resinas compuestas: Tetric Ceram, Ecusit, Spectrum TPH, Filtek Z-250, Degufill mineral y dos resinas modificadas con poliácidos: Luxat e Ionosit. Avances en Odontoestomatología 2003; 19 (6): 291- 297
10. Arce MN. Et Al. Comparación de resistencia de dos resinas microhíbridas. Revista Estomatológica Colombiana 2005; 13(2):27-39
11. Nicoluzzi A. Et Al. Influencia del envejecimiento artificial acelerado sobre la resistencia a compresión de resinas compuestas. Acta Odontológica Venezolana 2008; 46(4): 1- 7
12. Pérez RC, Bader MM, Ehrmantraut NM. Análisis comparativo in vitro de dos cerómeros y una resina compuesta de procesados indirecto. Revista de la Facultad Odontológica de la Universidad de Chile 1999; 17(2): 9-28

13. Beros CI. "Estudio comparativo in vitro de la tracción diametral y dureza superficial, entre una resina compuesta fluida y dos cementos de resina de curado dual". Tesis para obtener el título de cirujano dentista, Universidad de Chile, Santiago 1992
14. Gomez Alvarez Evelyn. "Evaluación de la microdureza de la resina P60 de la casa comercial 3M al ser fotopolimerizada con luz en diferentes distancias" Tesis para obtener el título de cirujano dentista, Universidad Santiago de Cali, Santiago 2010
15. Naranjo M. Et Al. Resistencia a la fractura de dientes intactos y restaurados con resina sometidos a carga constante. Revista CES Odontología 2007; 20(2): 32-38
16. Fierro FL. Et Al. Resistencia comprensiva de premolares obturados. Revista de la Facultad Odontológica de la Universidad de Chile 1998; 17(35): 31-41
17. Veranes-Pantoja Y. Et Al. "Determinación de la profundidad de curado y propiedades mecánicas de composites dentales fotopolimerizables experimentales". Revista Cubana de Odontoestomatología 2005; 10(2): 151- 170
18. Gomez A. Et Al. Resistencia a la fractura de muñones en dientes tratados endodónticamente reconstruidos con 4 tipos e materiales diferentes". Revista de la Facultad Odontológica de la Universidad de Chile 1995; 14(27): 35-40
19. Sierra GL. Et Al. Evaluación de la microdureza de la resina Filtek™ Silorane para restauración de dientes posteriores. Revista Nacional de Odontología 2011; 6(11): 30- 34
20. Ramirez Et Al. Evaluación de las propiedades flexurales y reológicas de cinco resinas compuestas formuladas para restauraciones anteriores. Acta Odontológica Venezolana 2010; 48(4): 01 - 12
21. Hidalgo JJ, Azabal M, Terron F, Baños JL, Vega JM. "Estudio de la resistencia a la fractura por compresión de un compomero, un cemento de ionomero de vidrio convencional y una resina compuesta sometidos a un proceso de envejecimiento artificial". EJDR 2000; 21 (5): 01- 07
22. Veranes Et Al. Estudio del aerosil Sipernat D10 como relleno para la preparación de resinas compuestas. Revista Cubana de Química; 15 (2): 72-88
23. Goncalves ME. Et Al. Influencia de la polimerización adicional en las propiedades de una resina Ormocer a través de sus propiedades mecánicas. Revistas Avances en Odontoestomatología 2006; 22(5): 271-277

24. Villegas SM. Análisis comparativo in vitro de la tensión diametral en restauraciones realizadas con resinas compuestas fotopolimerizadas con lámparas halógenas y lámparas LED. Tesis para obtener el título de cirujano dentista, Universidad de Chile, Santiago 2005.
25. Steenbeker O. Principios y bases de los biomateriales en operatoria dental estética y adhesiva. Editorial Ripano, Madrid, 2010: 123-128
26. Nodarse M. Composición y clasificación de los composites dentales restaurativos. 1998: 29- 35
27. Labarca PA, Baez HD. Análisis del grado y profundidad de polimerización, a través de la resistencia al desgaste en resinas compuestas fotoactivadas. Tesis para obtener el título de cirujano dentista, Universidad de Chile, Santiago 1992
28. Sturdevant CM. Et Al. Operatoria dental. Editorial Harcourt Brace, Tercera edición, Madrid, 1996: 253-265.
29. Rueggeberg FA. From vulcanite to vinyl, a history of resin in restorative dentistry. J.Prosth Dent 2002; 87(4):364-79
30. Mills RW, Jandt KD, Ashwort SH. Dental composite depth of cure with halogen and blue light emitting diode technology. Br Dent J 1999; 186(8): 388-91.
31. Vilarroel M. Fotopolimerización de resinas compuestas y conceptos afines. [sede Web] Santiago: materialesdentales.com; 2003. [fecha de acceso 3 de abril de 2013]. Disponible en: <http://www.materialesdentales.cl>
32. Martinez VM. Estudio comparativo in vitro de la resistencia a la tensión diametral de una resina compuesta fotopolimerizada con una lámpara LED y una lámpara halógena convencional. Tesis para obtener el título de cirujano dentista, Universidad de Chile, Santiago 2005
33. Ehrmantraut M. Unidad de resinas compuestas. Texto de la asignatura de Biomateriales Odontológicos, facultad de Odontología, Universidad de Chile 2002
34. Craig R. Materiales dentales restauradores, Séptima edición, Argentina, Editorial Mundi S.A.I.C y F. 1988; 237-266
35. Ehrmantraut M. Propiedades de Materiales Dentales. Asignatura de Biomateriales Odontológicos, facultad de Odontología, Universidad de Chile 2005
36. Phillips R. La ciencia de los materiales dentales. Interamericana, Octava edición, México, 1987; 226-260

37. Anusavice KJ. Ciencia de los materiales dentales. McGraw-Hill Interamericana, Décima edición, 1998; 283-311
38. PERFIL TÉCNICO DEL PRODUCTO Produits Dentaires S.A. Chemical cure hybrid composite, Australia, 2004
39. PERFIL TÉCNICO DEL PRODUCTO SDI. Información técnica de sistema de composite híbridos nanohíbridos, Australia, 2004
40. Torrejon P. Análisis de la brecha marginal generada en restauraciones de resina compuesta con dos patrones de fotopolimerización distintos”. Tesis para obtener el título de cirujano dentista, Universidad de Chile, Santiago 2003: 19-21
41. Olivares R. Grado de infiltración marginal existentes entre dientes y las restauraciones de resinas compuestas frente a distintos patrones de fotopolimerización. Tesis para obtener el título de cirujano dentista, Universidad de Chile, Santiago 2001: 11-27
42. PERFIL TÉCNICO DEL PRODUCTO TPH<sup>3</sup>®. Restaurador Universal. Dentsply Laboratorio de Productos Dentales, USA, 2010
43. Barrancos MJ, Barrancos PJ. Operatoria dental integración clínica. Editorial Médica Panamericana, Cuarta edición, Buenos Aires, 2006: 728-744
44. Steenbeker O. Principios y bases de los biomateriales en operatoria dental estética y adhesiva. Editorial Universidad Valparaíso, Chile, 2010: 113-118
45. Sarrett D. Clinical Challenges and the relevance of materials testing for posterior composites restorations. Dental Materials 2005; 21: 9-20.
46. Chain M, Camargo C, Andriani O. Estética: Dominando os desejos e controlando as expectativas. Editorial Arte y Ciencia Médica Latinoamericana, Brasil, 2002; 3(4): Capitulo Cuatro
47. Buenas Tareas. Resistencia a tensión compresiva, tangencial y de tracción [sede Web]. México: Buenastareas.com; 2011 [acceso 8 de abril de 2013]. Disponible en: <http://www.buenastareas.com/>
48. INSTRON. Resistencia a tensión compresiva, tangencial y de tracción. [sede Web] México: instron.com; 2012 [acceso el 9 de abril del 2013] Disponible en: <http://www.instron.com.ar>
49. PROFISIC. Propiedades físicas de los materiales dentales. [Sede Web] Santiago: odontochile.com; 2010 [acceso 9 de abril del 2013] Disponible en: [http:// www.odontochile.cl](http://www.odontochile.cl)

50. Tauquino AF. Evaluación in vitro de la microdureza superficial de una resina compuesta microhíbrida, una resina compuesta fluida y un cemento ionómero vítreo de restauración frente a la acción de una bebida carbonatada. Tesis para obtener el título de cirujano dentista, UNMSM, Lima-Perú 2006.
51. Brosh T. Et Al. Analysis of strength properties of light- cured resin composites. Dent Mat 1999: 174-179
52. Cruz RC, Garcés A, López J. Ensayo de Resistencia a la compresión de cilindros normales de concreto. En: Ponencia presentada en el desarrollo del curso práctico de Ingeniería Civil. Bogotá-Colombia; Universidad Nacional de Colombia 2009
53. Fong H, Dickens S, Flaim G. Evaluation of dental restorative composites containing polyhedral oligomeric silsesquioxane methacrylate. Dent Mater 2005; 520-536
54. Ferracane J, Condon J, Suh B. Effect of filler on degree of conversion (DC) of resins. J Dent Res 1992; p 598.
55. Soderholm K, Achanta S, Olsson S. Variables affecting the depth of cure of composites. J. Dent Res 1993; p 138.
56. Albers H. Odontología Estética. Selección y colocación de Materiales. Labor, Primera edición, Barcelona, 1988: 21-25.
57. Sabbagh J. Et Al. Characterization of the inorganic fraction of resin composite. Journal of Oral Rehabilitation 2004; 1090-1101.
58. Williams G. Et Al. Nano-indentation hardness and Young's modulus of filler particles of dental restorative materials compared with human enamel. J. Biomed Mater Res 1992; 747-755
59. Davidson C, Feilzer A. Polymerization shrinkage and polymerization shrinkage stress in polymer-based restoratives. J Dent 1997; 25(6): 435-40
60. Lutz F, Phillips R. A classification and evaluation of composite resin systems. J. Prosthetic Dental 1983; 480 -488
61. Craig-O'Brien-Powers. Materiales dentales. Propiedades y manipulación. Editorial Mosby/Doyma Libros S.A, Sexta edición, Argentina, 1996. 422- 439
62. Uribe E J. Operatoria Dental. Ciencia y práctica. Editorial Avances, Michigan, 1990: 213-215

63. Pereira S. Et Al. Evaluation of two Bis-GMA analogues as potential monomer diluents to improve the mechanical properties of light-cured composite resins. Dent Mater 2005; 21(9): 823-30
64. Moncada G. Et Al. Unidades de luz visible. Revista dental de Chile 1989: 37-43
65. Tobar SE. Análisis comparativo in vitro de propiedades mecánicas de compómero correspondiente a cuatro marcas comerciales. Tesis para obtener el grado de Doctor, Universidad de Chile, Chile 2000
66. Suzuki S. Does the wear resistance of packable composite equal that of dental amalgam. J Esthet Restor Dent 2004; 16: 355-65.
67. De Souza FB, Guimaraes RP, Silva CH. A clinical evaluation of packable and microhybrid resin composite restorations: one-year report. Quintessence Int 2005; pag 41
68. Ferracane JL. Nuevos Polímeros para Restauraciones Dentales. Management Alternatives for the Carious Lesion. Proceedings from the International Symposium. Operative Dentistry 2001; 6(4): 199-209
69. Miyagawa Y, Powers J. Prediction of color of an esthetic restorative material. J. Dent. Res 1983; pag 581
70. Dennison J, Powers J, Koran A. Color of dental restorative resins. Dent Res 1978; pag 557
71. Feilzer A, De Gee A, Davidson C. Setting stress in composite restorations in relation to the configuration of the restoration. J. Dent. Res 1987; 66: 1636-1639
72. Braga R, Ferracane J. Alternatives In Polymerization Contraction Stress Management. Crit. Rev. Oral. Biol. Med. 2004; 15(3): 176-184
73. Manhart J, Garcia F, Hickel R. Direct posterior restoration: Clinical result and new developments. J. Dent. Cli. N. Am. 2002; 303-339
74. PERFIL TÉCNICO DEL PRODUCTO TPH SPECTRUM®. Restaurador Universal. Dentsply Laboratorio de Productos Dentales, USA, 2009
75. PERFIL TÉCNICO DEL PRODUCTO Filtek Z250 XT®. Restaurador Universal. 3M Laboratorio de Productos Dentales, USA, 2010
76. PERFIL TÉCNICO DEL PRODUCTO Filtek Z250®. Restaurador Posterior. 3M Laboratorio de Productos Dentales, USA, 2010

77. Henostroza G. Adhesión en Odontología Restauradora. Traducción de los originales en portugués: Gilberto Henostroza H.- Curitiba: Editora Maio, 2003 Primera Edición. p. 15
78. Guzmán BH. Biomateriales odontológicos de uso clínico. 3 ed. Santa fe de Bogotá: .C. ECOE Ediciones; 2003. p, 11-12.
79. Marghalani HV, Al-jabab AS. Compressive creep and recovery of light cured packable composite resins. Dent. Mat. 2004; 20: 600-610

## X.- ANEXOS

## ANEXO N° 1. MATERIALES UTILIZADOS EN LA ELABORACIÓN DE LAS MUESTRAS DE RESINAS





## IMAGEN N° 2. ELABORACIÓN DE LA MATRIZ METÁLICA



Imagen N° 16. Perforación del cilindro de bronce en el torno



Imagen N° 17. Calibración del molde metálico con calibrador digital y microscopio

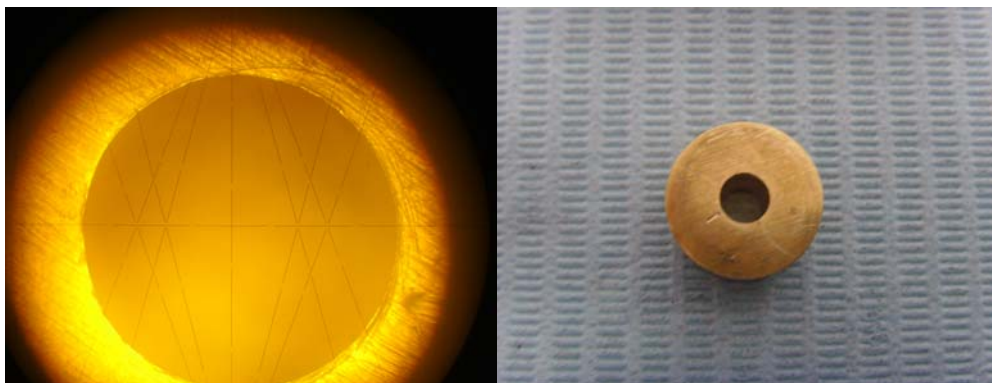


Imagen N° 18. Medición final en el microscopio y resultado final

### ANEXO N° 3. ELABORACION DE LAS MUESTRAS DE LOS CUATRO TIPOS DE RESINA COMPUESTA

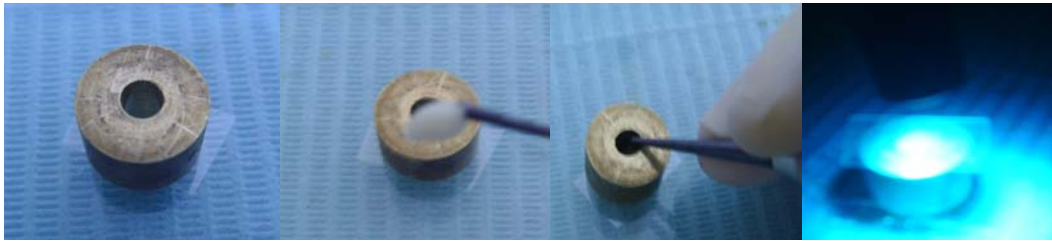


Imagen N° 19. Colocamos el molde sobre cinta celuloide e incremento de 2mm, fotocurado de 20 segundos



Imagen N° 20. Segundo y tercer incremento de 2mm, con su respectivo fotocurado de 20 segundos

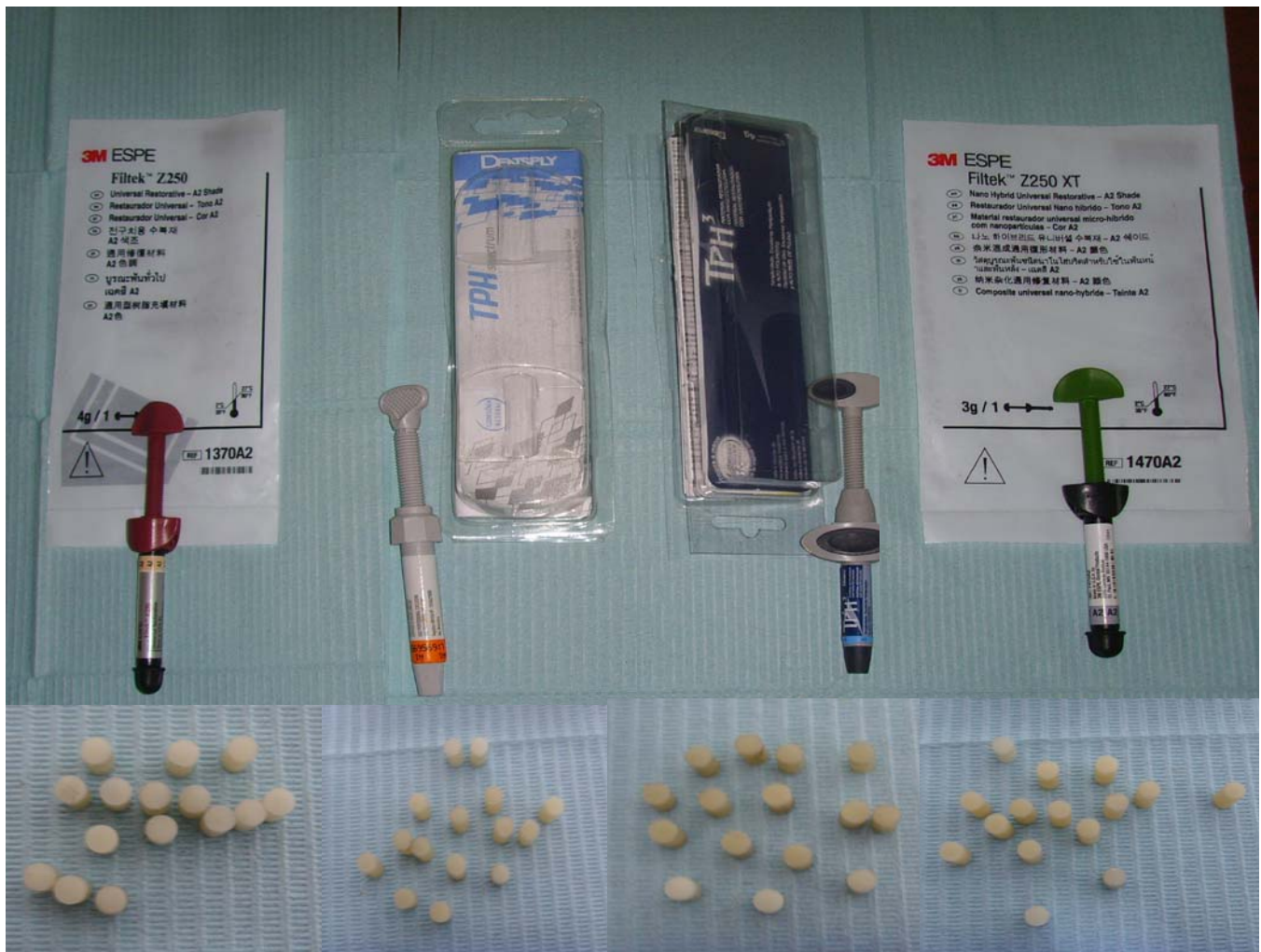


Imagen N° 21. Ultimo incremento de 2mm, colocando previamente una cinta celuloide, y fotocurado de 20 segundos



Imagen N° 22. Muestra final de resina de 4mm de diámetro por 8mm de altura

Imagen N° 23. 60 muestras de resina compuesta de 4 mm de diámetro por 8mm de altura (15 de cada tipo), medidos con el calibrador





#### ANEXO N° 4. ENSAYO DE COMPRESION



Imagen N° 24. Maquina universal de ensayo, con la muestra colocada, el reloj de fuerza se detiene justo en el momento de la fractura.



Imagen N° 25. La calibración es realizada por el técnico, supervisado por el Ingeniero y toma de resultados por el tesista.

**ANEXO N° 5. FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE RESINAS  
MICROHÍBRIDAS**

Material	Numero de muestra	Resistencia Compresiva#			
		Carga Máxima soportada por el espécimen (Kg)	Área de la sección Transversal de la Probeta cm <sup>2</sup>	R= P/A	R= Resistencia compresiva
Resina Compuesta Z250	1				
	2				
	3				
	4				
	5				
	6				
	7				
	8				
	9				
	10				
	11				
	12				
	13				
	14				
	15				
Resina Compuesta TPH Spectrum	16				
	17				
	18				
	19				
	20				
	21				
	22				
	23				
	24				
	25				
	26				
	27				
	28				
	29				
	30				

**ANEXO N° 6. FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE RESINAS  
NANOHÍBRIDAS**

Material	Numero de muestra	Resistencia Compresiva#			
		Carga Máxima soportada por el espécimen (KN)	Área de la sección Transversal de la Probeta cm <sup>2</sup>	R= P/A	R= Resistencia compresiva
Resina Compuesta Z250 XT	31				
	32				
	33				
	34				
	35				
	36				
	37				
	38				
	39				
	40				
	41				
	42				
	43				
	44				
	45				
Resina Compuesta TPH <sup>3</sup>	46				
	47				
	48				
	49				
	50				
	51				
	52				
	53				
	54				
	55				
	56				
	57				
	58				
	59				
	60				

## ANEXO N° 7. FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS RECOLECTADA POR EL TESISTA DE RESINAS MICROHÍBRIDAS

### VI. ANEXOS

#### 6.1 FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE RESINAS MICROHIBRIDAS

Material	Numero de muestra	Resistencia Compresiva			
		Carga Máxima soportada por el espécimen (Kg/F)	Área de la sección Transversal de la Probeta mm <sup>2</sup>	$R = P/A$ $\times 9.80665$	R= Resistencia compresiva MPa
Resina Compuesta Z250	1	304 Kg	12.56 mm <sup>2</sup>	$(304/12.56) \times 9.80665$	237.23
	2	304 Kg	12.56 mm <sup>2</sup>	$(304/12.56) \times 9.80665$	237.23
	3	302 Kg	12.56 mm <sup>2</sup>	$(302/12.56) \times 9.80665$	235.67
	4	290 Kg	12.56 mm <sup>2</sup>	$(290/12.56) \times 9.80665$	226.31
	5	292 Kg	12.56 mm <sup>2</sup>	$(292/12.56) \times 9.80665$	227.87
	6	394 Kg	12.56 mm <sup>2</sup>	$(394/12.56) \times 9.80665$	307.47
	7	268 Kg	12.56 mm <sup>2</sup>	$(268/12.56) \times 9.80665$	209.14
	8	328 Kg	12.56 mm <sup>2</sup>	$(328/12.56) \times 9.80665$	255.96
	9	292 Kg	12.56 mm <sup>2</sup>	$(292/12.56) \times 9.80665$	227.87
	10	330 Kg	12.56 mm <sup>2</sup>	$(330/12.56) \times 9.80665$	257.52
	11	326 Kg	12.56 mm <sup>2</sup>	$(326/12.56) \times 9.80665$	254.53
	12	308 Kg	12.56 mm <sup>2</sup>	$(308/12.56) \times 9.80665$	240.48
	13	314 Kg	12.56 mm <sup>2</sup>	$(314/12.56) \times 9.80665$	245.16
	14	298 Kg	12.56 mm <sup>2</sup>	$(298/12.56) \times 9.80665$	232.67
	15	311 Kg	12.56 mm <sup>2</sup>	$(311/12.56) \times 9.80665$	242.82
Resina Compuesta TPH Spectrum	16	335 Kg	12.56 mm <sup>2</sup>	$(335/12.56) \times 9.80665$	261.42
	17	344 Kg	12.56 mm <sup>2</sup>	$(344/12.56) \times 9.80665$	268.45
	18	361 Kg	12.56 mm <sup>2</sup>	$(361/12.56) \times 9.80665$	281.71
	19	348 Kg	12.56 mm <sup>2</sup>	$(348/12.56) \times 9.80665$	271.57
	20	340 Kg	12.56 mm <sup>2</sup>	$(340/12.56) \times 9.80665$	265.33
	21	298 Kg	12.56 mm <sup>2</sup>	$(298/12.56) \times 9.80665$	232.55
	22	314 Kg	12.56 mm <sup>2</sup>	$(314/12.56) \times 9.80665$	245.04
	23	327 Kg	12.56 mm <sup>2</sup>	$(327/12.56) \times 9.80665$	255.18
	24	328 Kg	12.56 mm <sup>2</sup>	$(328/12.56) \times 9.80665$	255.96
	25	330 Kg	12.56 mm <sup>2</sup>	$(330/12.56) \times 9.80665$	257.52
	26	350 Kg	12.56 mm <sup>2</sup>	$(350/12.56) \times 9.80665$	273.27
	27	343 Kg	12.56 mm <sup>2</sup>	$(343/12.56) \times 9.80665$	267.80
	28	299 Kg	12.56 mm <sup>2</sup>	$(299/12.56) \times 9.80665$	233.45
	29	331 Kg	12.56 mm <sup>2</sup>	$(331/12.56) \times 9.80665$	258.43
	30	343 Kg	12.56 mm <sup>2</sup>	$(343/12.56) \times 9.80665$	267.80





## ANEXO N° 8. FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS RECOLECTADA POR EL TESISTA DE RESINAS NANOHÍBRIDAS

### 6.2 FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE RESINAS NANOHIBRIDAS

Material	Numero de muestra	Resistencia Compresiva			
		Carga Máxima soportada por el espécimen (Kg/f)	Área de la sección Transversal de la Probeta mm <sup>2</sup>	$R = P/A$ $\times 9.80665$	R= Resistencia compresiva Mpa
Resina Compuesta Z250 XT	31	270 Kg	12.56 mm <sup>2</sup>	$(270/12.56) \times 9.80665$	210.70
	32	328 Kg	12.56 mm <sup>2</sup>	$(328/12.56) \times 9.80665$	255.96
	33	288 Kg	12.56 mm <sup>2</sup>	$(288/12.56) \times 9.80665$	224.75
	34	252 Kg	12.56 mm <sup>2</sup>	$(252/12.56) \times 9.80665$	196.65
	35	263 Kg	12.56 mm <sup>2</sup>	$(263/12.56) \times 9.80665$	205.24
	36	314 Kg	12.56 mm <sup>2</sup>	$(314/12.56) \times 9.80665$	245.04
	37	273 Kg	12.56 mm <sup>2</sup>	$(273/12.56) \times 9.80665$	213.04
	38	310 Kg	12.56 mm <sup>2</sup>	$(310/12.56) \times 9.80665$	241.91
	39	333 Kg	12.56 mm <sup>2</sup>	$(333/12.56) \times 9.80665$	259.86
	40	334 Kg	12.56 mm <sup>2</sup>	$(334/12.56) \times 9.80665$	260.64
	41	305 Kg	12.56 mm <sup>2</sup>	$(305/12.56) \times 9.80665$	238.13
	42	282 Kg	12.56 mm <sup>2</sup>	$(282/12.56) \times 9.80665$	220.18
	43	276 Kg	12.56 mm <sup>2</sup>	$(276/12.56) \times 9.80665$	215.49
	44	306 Kg	12.56 mm <sup>2</sup>	$(306/12.56) \times 9.80665$	238.91
	45	291 Kg	12.56 mm <sup>2</sup>	$(291/12.56) \times 9.80665$	231.11
Resina Compuesta TPH <sup>3</sup>	46	304 Kg	12.56 mm <sup>2</sup>	$(304/12.56) \times 9.80665$	237.23
	47	303 Kg	12.56 mm <sup>2</sup>	$(303/12.56) \times 9.80665$	236.45
	48	328 Kg	12.56 mm <sup>2</sup>	$(328/12.56) \times 9.80665$	255.96
	49	311 Kg	12.56 mm <sup>2</sup>	$(311/12.56) \times 9.80665$	242.70
	50	288 Kg	12.56 mm <sup>2</sup>	$(288/12.56) \times 9.80665$	224.75
	51	332 Kg	12.56 mm <sup>2</sup>	$(332/12.56) \times 9.80665$	259.08
	52	308 Kg	12.56 mm <sup>2</sup>	$(308/12.56) \times 9.80665$	240.35
	53	324 Kg	12.56 mm <sup>2</sup>	$(324/12.56) \times 9.80665$	252.64
	54	289 Kg	12.56 mm <sup>2</sup>	$(289/12.56) \times 9.80665$	228.53
	55	318 Kg	12.56 mm <sup>2</sup>	$(318/12.56) \times 9.80665$	248.16
	56	321 Kg	12.56 mm <sup>2</sup>	$(321/12.56) \times 9.80665$	250.63
	57	296 Kg	12.56 mm <sup>2</sup>	$(296/12.56) \times 9.80665$	231.11
	58	304 Kg	12.56 mm <sup>2</sup>	$(304/12.56) \times 9.80665$	237.23
	59	310 Kg	12.56 mm <sup>2</sup>	$(310/12.56) \times 9.80665$	241.91
	60	323 Kg	12.56 mm <sup>2</sup>	$(323/12.56) \times 9.80665$	252.19

